UNTERSUCHUNGEN UND MESSUNGEN ZUR ENTWICKLUNG EINES PROZESSORGESTEUERTEN INFUSIONSREGIMES

GERHARD KULTERMANN

1984

Diss.
München

Aus der Anästhesieabteilung (Leiter: Prof. Dr. A.Doenicke)
der Chirurgischen Poliklinik der Universität München
Direktor: Prof. Dr. L.Schweiberer

UNTERSUCHUNGEN UND MESSUNGEN ZUR ENTWICKLUNG EINES PROZESSORGESTEUERTEN INFUSIONSREGIMES

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Gerhard Kultermann
Starnberg
1984

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. A.Doenicke

Mitberichterstatter: Prof. Dr. L.Schweiberer

Dekan: Prof. Dr. W.Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 18.12.1984

GLIEDERUNG

1. Einleitung

2. Konzept und Vorgehensweise

3. Bisheriger Einsatz von Mikroprozessoren, Ergebnisse einer Literaturrecherche

4. Klinische Umfrage
4.1. Anmerkungen zum Fragebogen
4.2. Auswertung des Fragebogens
4.2.1. Erläuterungen zur Auswertung
4.2.2. Die einzelnen Fragen mit Auswertungen und Kommentaren
4.3. Zusammenfassung der Ergebnisse
4.3.1. Mögliche Einsatzgebiete für Mikroprozessoren im klinischen Betrieb
4.3.2. Wichtige Aspekte zur Erstellung eines Einsatzkonzeptes
4.4. Diskussion

5. Messung physikalisch-technischer Randbedingungen für ein Infusionssystem mit Kolbenpumpe
5.1. Beschreibung des Systems
5.2. Versuchsaufbau und Versuchsbeschreibung
5.3. Durchgeführte Meßreihen und Ergebnisse
5.4. Zusammenfassung und Diskussion

6. Überprüfung einiger handelsüblicher Infusionspumpen auf Tauglichkeit zur externen Ansteuerung durch Mikroprozessoren
6.1. Betriebssicherheit (Plausibilitätsprüfung)
6.2. Übersicht über den Stand der Pumpen-Technologie der untersuchten Infusionspumpen.
6.3. Änderungsvorschläge
6.4. Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse
6.5. Rahmenprogramme

7. Laborprototyp eines prozessorgesteuerten Infusionsregimes für den Einsatz bei postoperativer "on demand"-Analgesie
7.1. Kurzbeschreibung des Systems
7.1.1. Einstellmöglichkeiten des Programms
7.1.2. Aufbauzeichnung
7.1.3. Kontrolle / Betriebssicherheit
7.1.4. Dokumentation
7.2. Meßreihen und Ergebnisse
7.3. Diskussion

8. Ausblick auf weitere Entwicklung

9. Anhang
9.1. Der Fragebogen
9.2. Meßergebnisse zu Abschnitt 5

10. Kurzzusammenfassung

11. Literaturverzeichnis

12. Lebenslauf des Verfassers

1. EINLEITUNG

Der Einsatz von Computern zur Datenverarbeitung ist in der Medizin insbesondere der Intensivmedizin nicht neu. Allerdings blieb infolge des bislang erforderlichen großen technischen Aufwands und der damit verbundenen hohen Kosten die Installation entsprechender Anlagen auf große Kliniken beschränkt.
Mit dem Bau von Mikroprozessoren hat in den letzten Jahren auf dem Gebiet der Datenverarbeitung eine schnell fortschreitende Entwicklung von Geräten eingesetzt, deren technische Möglichkeiten immer größere Dimensionen annahmen,wobei die Geräte selbst beständig kleiner, komplexer und auch preiswerter geworden sind.
Von dieser Entwicklung kann die medizinische Meß- und Regeltechnik in hohem Maße profitieren. Der Vorteil der neuen Technologien hilft in der Bewältigung komplexer Aufgaben, wie sie für die Messungen an biologischen Objekten erforderlich sind. Es ist nunmehr möglich, Probleme die früher nur von eigenständigen Rechnern übernommen werden konnten, mit kleinen, selbständig funktionierenden Geräten zu lösen. Die Ausstattung solcher Apparate mit genormten Schnittstellen ermöglicht über den Einzelbetrieb hinaus Datenübertragung und Verbundbetrieb.
Die perioperative Betreuung von Patienten, die sich einem größeren operativen Eingriff unterziehen müssen, sowie die Versorgung von Intensivpatienten, stellt hohe Anforderungen an die parenterale Therapie. Über lange Zeiträume hinweg müssen sehr kleine Mengen potenter Pharmaka und gleichzeitig größere Volumen von Infusionslösungen infundiert werden, wobei beide Verabreichungen mit hinreichender Genauigkeit erfolgen sollen. Immer wieder wird von Ärzten mit langjähriger Erfahrung in der Intensivmedizin in diesem Zusammenhang Unbehagen über den Stand der Infusionstechnik zum Ausdruck gebracht. Bei konsequenter Nutzung neuer Technologien sind hier Verbesserungen denkbar.
Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten, die Nutzbarkeit moderner technischer Systeme für den Fortschritt der Medizin aufzuzeigen. Dabei soll insbesondere auf die Steuerung von Infusionspumpen mit Mikroprozessoren eingegangen und die sich daraus ergebenden Anwendungsmöglichkeiten diskutiert werden.

2. KONZEPT UND VORGEHENSWEISE

2.1. Konzept

Die vorliegende Untersuchung ist Teil eines von der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung München in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Forschung und Technologie geförderten Projektes "Meßtechnik in der Medizin". Ziel der Arbeit ist es, einen Beitrag zur Untersuchung medizinischer Voraussetzungen zur Entwicklung eines neuen Infusionsregimes zu leisten, bei dem leistungsfähige Infusionspumpen, Ventileinheiten und ein Mikroprozessor zu einer neuen Geräteeinheit zusammengefaßt zur Verbesserung der Infusionstechnik beitragen soll.

Dabei werden angestrebt:

1. Erleichterung der Schreibarbeit durch Vorgabe von Standardinfusionsplänen und Ausdruck unter Berücksichtigung eingegebener individueller Daten.

2. Verbesserte Tranzparenz der Therapie durch lückenlose Dokumentation.

3. Erhöhung der Patientensicherheit durch Darstellung der Therapie (Monitoring) und automatische Kontrollen (Alarmsysteme).

4. Erleichterung der Durchführung durch automatische Applikation.

Im einzelnen wurde folgendermaßen vorgegangen:

1. Zunächst wurde anhand einer Literaturrecherche ein Überblick über den Stand der Anwendung von Rechnern im Zusammenhang mit Infusionen dargestellt.

2. Eine klinische Umfrage wurde durchgeführt, um in der täglichen Praxis übliche Verhaltens- und Arbeitsweisen sowie klinische Eckdaten für ein zu erstellendes Konzept erkennen und berücksichtigen zu können.

3. Anhand der "Roten Liste" 1983 wurde eine Zusammenstellung der am häufigsten verwendeten Pharmaka zur Speicherung von Basisinformationen für die Therapie vorgenommen.

4. Mit einer Laborpumpe ganz anderer Leistungscharakteristik als die üblichen Infusionspumpen wurden anschließend einige technisch-physikalische Randbedingungen für ein zu entwickelndes Infusionssystem getestet, bei dem im Gegensatz zur bisher üblichen "parallelen" Applikation eine "serielle" Applikation, d.h. über einen einzigen Zugang nacheinander vorgenommen werden kann.

5. Nach Überprüfung einiger handelsüblicher Infusionspumpen (Infusomat CC, Perfusor Secura, Dropmat TR-1) auf Tauglichkeit zur externen Rechnersteuerung wurde durch Zusammenschluß einer Infusionspumpe vom Typ Perfusor Secura mit einem Mikroprozessor ein Laborprototyp zum Einsatz des Systems als "ODAC" (On-Demand-Analgesie-Computer) zur postoperativen Schmerzbekämpfung erstellt und getestet.

3. BISHERIGER EINSATZ VON MIKROPROZESSOREN IM ZUSAMMENHANG MIT PARENTERALER ERNÄHRUNG UND PHARMAKOTHERAPIE

Um einen Überblick über den Stand der Entwicklung hinsichtlich des Einsatzes von Mikroprozessoren im Zusammenhang mit parenteraler Ernährung und Pharmakotherapie, insbesondere der Steuerung von Infusionspumpen zu erlangen, wurde eine EDV-gestützte umfassende Literaturrecherche beim Deutschen Institut für med. Dokumentation und Information (DIMDI) in den Datenbanken ISI/-BIOMED und MEDLARS-2 durchgeführt, wobei die Stichworte "Computerized infusion" zugrundegelegt wurden.

Nach Sichtung und Auswertung der in der Folge erhaltenen Literatur zeichneten sich schwerpunktmäßig drei Bereiche des Einsatzes von Mikroprozessoren ab.

1. Erstellung und Dokumentation von Plänen zur vollständigen parenteralen Ernährung und Unterstützung der Logistik.
Der Anwender erstellt mit Hilfe von interaktiven Programmen einen Infusions- oder Therapieplan, der allgemeinen Berechnungsregeln folgend, den aktuellen Bedarf des Patienten an den verschiedenen Infusionen/Medikamenten ermittelt.
Dabei erfolgt teilweise Datenkommunikation mit der Krankenhausapotheke, die anhand der erstellten Therapiepläne für die Bereitstellung bzw. Lieferung der erforderlichen Medikamente sorgt.
Die Programme sind zum Teil für tragbare Taschenrechner geschrieben und unterstützen lediglich bei der Erstellung der Therapie. Sie dienen nicht der Steuerung von Pumpen [10,12,13,15, 18,20,23,30,32,35-37,47].

2. Applikation und Überwachung von Infusionen und Medikamenten im offenen Regelkreis.
Die bisher durchgeführten Experimente arbeiten mit Kleinrechnern oder mit einer direkten Verbindung von Infusionspumpen an einen Zentralrechner. Im Vordergrund steht dabei meistens die Dokumentation für die Krankengeschichte und nicht die Steuerung von Infusionspumpen [33,39,47].

3. Applikation von potenten Pharmaka im geschlossenen Regelkreis (closed loop).
Bei dieser Anwendung steuert ein Mikroprozessor die zu verabreichende Menge eines Medikamentes nach den Ergebnissen einer kontinuierlichen Messung medizinischer Parameter des Patienten.
Beispiele: Insulin/Blutzucker; Natrium-Nitroprussit/Blutdruck; Xylocain/Herzrhythmus; Morphinomimetika/Schmerz; Oxitocin/Wehen [4,5,8,11,14,17,19,21,22,24-27,29,34,38,40-44,46-48].

Die in der Literatur genannten Anwendungsgebiete von Mikroprozessoren wurden bei der Formulierung der Fragen für eine klinische Umfrage berücksichtigt, um Aussagen über Bekanntheitsgrad, Durchsetzbarkeit in der täglichen Praxis und Interessen an weiteren Entwicklungen zu erhalten. Auf einige spezielle Verfahren wird bei der Auswertung der einzelnen Fragen noch näher eingegangen.

4. KLINISCHE UMFRAGE

4.1. Anmerkungen zum Fragebogen

Ziel der Umfrage war, möglichst breit basierte Aussagen über Arbeitsverfahren, Gewohnheiten und Bedürfnisse der täglichen Praxis zu erhalten, um bei der Entwicklung neuer Technologien vorhandene Erfahrungen einfließen lassen zu können und nicht durch Überbewertung der Theorie Ergebnisse zu erzielen, die praktisch nicht anwendbar sind.
Dabei sollte anhand der Antworten erkennbar werden, wo im einzelnen durch den Einsatz von Mikroprozessoren Verbesserungen möglich sind und der Umfang der dazu erforderlichen Maßnahmen hinsichtlich Technik und Programmgestaltung abzuschätzen sein.
Der Fragebogen wurde an insgesamt 98 deutschsprachige, zumeist namhafte Adressaten mit intensivmedizinischen Erfahrungen in der Bundesrepublik Deutschland sowie in Österreich Schweden, der Schweiz und den Niederlanden verschickt. Mit 46 auswertbaren Rückläufern, entsprechend 47%, lag die Anzahl der Antworten deutlich höher, als erwartet. Aufgrund des mit 55 Fragen auf 13 Seiten sehr umfangreichen Fragenkatalogs, war mit einer geringeren Beteiligung zu rechnen.

Bemerkenswert erscheint die hohe Beteiligung der ausländischen Adressaten. Trotz Abfassung in deutscher Sprache wurden alle dorthin verschickten Bögen umfassend beantwortet zurückgesandt.
Die uns bekannt gewordenen Reaktionen auf die Umfrage waren überwiegend positiv, jedoch gab es auch Ablehnung. So verbot z.B. ein Wissenschaftler seinen Mitarbeitern jegliche Beteiligung an der Aktion mit dem Hinweis, hierbei handle es sich um "Diebstahl geistigen Eigentums".
Insgesamt kann die klinische Umfrage als Erfolg gewertet werden. Die gesteckten Ziele wurden im wesentlichen erreicht.

4.2. Auswertung des Fragebogens

4.2.1. Erläuterungen zur Auswertung

Gesamtzahl verschickter Bögen: 98
Anzahl auswertbarer Rückläufer: 46, was einer Quote von 47% entspricht.
Die Anzahl ausgewerteter Bögen wird in der Statistik gleich 100% gesetzt. Da bei einigen Fragen Mehrfachantworten nicht ausgeschlossen sind, sind im Gesamtergebnis Prozentzahlen über 100 möglich.
Durch fehlende bzw. nicht auswertbare Antworten kann die Gesamtzahl auch unter 100% bleiben.
Die Prozente wurden auf ganze Zahlen auf- bzw. abgerundet. Auch dadurch können von 100% abweichende Gesamtergebnisse erreicht werden.

4.2.2. Die einzelnen Fragen mit Auswertung und unmittelbarem Kommentar unter Berücksichtigung der EDV

4.2.2.1. Fragen zur Erstellung und Überwachung von Infusionsplänen

Frage 1

Bei der Berechnung der individuellen Dosierung für Infusionen und Medikamente muß umfangreiches medizinisches "know how" Berücksichtigung finden. Wie beurteilen Sie die verfügbaren Arbeitshilfen in Form von übersichtlichen Tabellen bzw. zuverlässigen Berechnungsformeln.

	ausreichend	unzureich.
- für die Dosierung von Medikamenten	61%	24%
- für die Berechnung der Infusionen	59%	24%
- es existieren zwar im einzelnen Unterlagen, es fehlt aber eine handliche Zusammenstellung	11%	52%

Kommentar:

Obwohl überwiegend die Arbeitshilfen für ausreichend gehalten werden, wird die Übersichtlichkeit der Unterlagen von vielen Praktikern als unzureichend empfunden.

Frage 2

Ist es für Sie vorstellbar, daß Ihnen ein entsprechend programmierter Tischrechner bei der Erstellung der Therapiepläne eine Hilfe sein könnte?

- in Bezug auf eine bilanzierte Ernährung 65%
- bei der Pharmakotherapie 54%

Kommentar:

65% der Befragten können sich einen Tischrechner als Hilfe bei der Erstellung von Therapieplänen für die bilanzierte Ernährung vorstellen.
54% der Befragten würden darin eine Hilfe bei der Pharmakotherapie sehen.
Hier ist ein Schwerpunkt für möglichen Einsatz von Mikroprozessoren zur Arbeitserleichterung durch Rationalisierung der administrativen Tätigkeiten zu erkennen. Mit diesem Themenbereich haben sich bereits mehrere Autoren befaßt und verschiedene Lösungswege aufgezeigt. Dabei werden die Rechner sowohl zur Erstellung von Therapievorschlägen als auch zu rein administrativen Aufgaben eingesetzt [10,12,13,15,18,20,23,30,32,35-37,47].

Frage 3

Bei der Erstellung des Infusionsplanes steht der verordnende Arzt vor dem Problem, medizinische Anforderung mit der praktischen Realisierbarkeit in Einklang zu bringen.

- es bedarf erheblicher Anstrengung, um das Problem zur vollen Zufriedenheit zu lösen 39%
- eine Verbesserung der Hilfsmittel wäre wünschenswert für die angebotenen Infusionslösungen 35%
  für die verfügbaren Infusionsgeräte 33%
- die personelle Besetzung der Intensivstation stellt bei uns den eigentlichen Engpaß dar 24%

Kommentar:

Hinsichtlich der Vereinbarung von medizinischer Anforderung mit praktischer Realisierbarkeit scheint es der überwiegenden Anzahl der Ärzte keine Probleme zu geben. Lediglich rund 40% halten erhebliche Anstregungen für nötig und würden eine Verbesserung der Infusionslösungen bzw. Infusionsgeräte wünschen. Auch das personelle Problem auf der Intensivstation scheint in der Mehrzahl der Fälle gelöst zu sein. Bei nur 24% der Befragten ist hier ein Engpaß vorhanden.

Frage 4

In welchem Bereich läßt die medizinische Grundlagenforschung für den klinischen Alltag Fragen offen?

- bei der vollständigen parenteralen Ernährung	41%
- bei der optimalen Anwendung von intravenösen Medikamenten	39%
- vor allem ist unser Wissen über die Interaktionen bei komplexen Therapieplänen sehr lückenhaft	93%
- es gibt nur wenige unklare Punkte	6%

Kommentar:

Deutlich ist erkennbar, daß hinsichtlich der Interaktionen für die medizinische Grundlagenforschung noch vieles unklar ist. Immerhin halten mit 93% fast alle Befragten das vorhandene Wissen zu diesem Problemkreis für sehr lückenhaft.
Der Einsatz von Mikroprozessoren bei der Erstellung von Therapieplänen und zur Therapieüberwachung läßt durch gezielte Datensammlung und -auswertung Beiträge zur Grundlagenforschung durch neue Aussagen über Interaktionen erwarten.

Frage 5

Richtet sich die Infusionstherapie bei Ihnen grundsätzlich nach festen Schemata, bei denen definierten Krankheitsbildern Standard-infusionspläne zugrunde gelegt werden? (siehe z.B. Anlage 1)

Ja: 19% nein: 22% unterschiedlich: 50%

- dadurch wird die Therapie auf der Station überschaubarer 39%
- es erspart eine Menge Schreibarbeit 65%
- die strenge Einhaltung von Richtlinien erlaubt eine Überprüfung des eigenen Therapiekonzeptes 39%
- bei Verwendung normierter Infusionspläne macht auch ein weniger erfahrener Arzt keine Fehler 37%
- auch beim Pflegepersonal wird die Fehlerquote dadurch deutlich gesenkt 48%
- die Normierung individueller Krankheitsverläufe bedeutet eine grobe Simplifizierung und führt zu Fehlentscheidungen 43%
- die Therapiepläne werden grundsätzlich für jeden Patienten erarbeitet; sie sind untereinander kaum vergleichbar 30%
- es muß von Fall zu Fall unterschieden werden; In (.) von 10 Fällen ist eine Individualtherapie durchzuführen, die übrigen Patienten werden nach einem Standardschema versorgt. 59%

Individualtherapie je 10 Fälle erforderlich:

Anzahl	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Antworten %	2	4	9	-	6	9	2	19	9	2	-

Kommentar:

Mit dieser Frage sollte untersucht werden, inwieweit ein Rechner zur Erstellung von Infusionplänen durch normierte Standardpläne beitragen kann. Theoretisch kann diese Aufgabe durch einen Mikroprozessor problemlos übernommen werden.

Wie die Antworten zeigen, käme eine derartige Arbeitshilfe zwar für eine Reihe von Fällen infrage, kann jedoch nicht als alleinige Grundlage zur Therapieerstellung dienen. Ein Antworter formulierte hier im Klartext:
"Kann man Pläne brauchen, ist es keine Intensivsituation."
Denkbar wäre jedoch, in einem geeigneten Programm für definierte Krankheitsbilder vorgegebene Standardpläne unter Berücksichtigung persönlicher Daten wie Alter, Geschlecht, Körpergewicht bereitzuhalten, die auf Abruf entsprechenden Situationen zugeordnet und dann in den Einzelpositionen bestätigt oder individuell abgeändert werden können. Somit wäre eine Arbeitshilfe gegeben, die Entscheidung über die durchzuführende Therapie verbliebe jedoch in jedem Fall beim behandelnden Arzt.

Frage 6

Bei der Erstellung des Infusionsplanes wird die Therapie grundsätzlich für einen Zeitraum von 6 (4%); 8 (2%); 12 (13%); 24 (52%) Stunden im voraus festgelegt. Eine regelmäßige Kontrolle und eventuelle Korrektur für Medikamente und Teile der Infusionstherapie (z.B. Elektrolyte) muß in einem Rhythmus von (...) Stunden vorgenommen werden.

Rhythmus für Kontrolle/Korrektur:

Std.	24	12	8	6-12	6	4-6	3	2	1	je nach Fall
Antw.%	4	20	17	4	20	13	4	2	2	9

Kommentar:

Überwiegend wurden Infusionspläne bei der Erstellung für einen Zeitraum von 24 h ausgelegt. Dabei erfolgt in der Mehrzahl der Fälle Kontrolle und, soweit erforderlich, Korrektur in einem Rhythmus von 4-12 h. Die breite Streuung der Antworten in diesem Punkt zeigt, daß die Häufigkeit der erforderlichen Kontrollen wohl von der Art des Eingriffs und dem individuellen Zustand des Patienten abhängt.
Durch Rechner erstellte Pläne sollten routinemäßig auf 24 h ausgelegt sein. Das Zeitintervall für nötige Kontrollen sollte der Behandler frei wählen können. Eine geeignete Anzeige könnte dann auf den Ablauf der gewählten Zeit hinweisen.

Frage 7

Gelegentliche Therapiefehler in Form von Überschreitung höchst zulässiger Konzentrationen oder Gesamtmengen sind zurückzuführen auf:

	nicht	selten	häufiger
- fehlerhafte Erstellung des Planes (Arzt)	49%	80%	15%
- Störung an der Infusionspumpe (Gerät)	19%	61%	10%
- fehlerhafte Ausführung des Infusionsplanes durch das Pflegepersonal	2%	43%	26%

Kommentar:

Ursachen für mögliche Fehler werden eher beim Personal, als beim Material gesehen, und da mehr bei den Pflegekräften, als beim Arzt (die Ausfüllenden waren Ärzte!).
In einigen Fällen wiesen Antworter zu Recht darauf hin, daß auch Unterschreitung der erforderlichen Mengen als Therapiefehler anzusehen ist.
Bei Rechnerkontrolle sind derartige Fehler auszuschließen (siehe Frage 9).

Frage 8

Unzulässige Mischungen von Medikamenten und Infusionslösungen werden verursacht durch:

	nicht	selten	häufiger
- Kompatibilität vom Arzt nicht berücksichtigt	13%	59%	35%
- unkorrekte Applikation durch das Pflegepersonal	22%	65%	11%
- unzureichende technische Ausstattung	48%	43%	4%

Kommentar:

Die technische Ausstattung scheint in den seltensten Fällen für unzulässige Mischungen verantwortlich zu sein. Wie auch zu erwarten war, stellt der Mensch in diesem Punkt die größte Fehlerquelle dar. Dabei spielt das Problem der Kompatibilitäten offensichtlich die größte Rolle.

Frage 9

Die Notwendigkeit, gleichzeitig diagnostische und pflegerische Maßnahmen durchzuführen (z.B. Verlegung zur Computertomographie), zwingt gelegentlich zur Unterbrechung laufender Infusionen. Um den vorgegebenen Infusionsplan dennoch einzuhalten, werden durch zeitweilige Erhöhung der Infusionsraten die unter 7 und 8 angeführten Therapiefehler verursacht.

- das kommt nicht vor	9%
- das dürfte selten sein	46%
- das passiert wahrscheinlich viel häufiger, als der verordnende Arzt ahnt	56%

Kommentar:

Bei Steuerung von Infusionen durch Computer lassen sich solche Fehler gänzlich ausschalten. Durch lückenlose Dokumentation können zu jedem Zeitpunkt die infundierten Mengen abgefragt, Abweichungen vom Plan festgestellt und ggf. erforderliche Korrekturen genau errechnet und durchgeführt werden. Dabei ist unbedingt auf Sicherstellung einer Netzunabhängigkeit des Systems zu achten.

Frage 10

Nach vorübergehenden Unterbrechungen von Infusionen (30 - 90 min)

- wird grundsätzlich ein neuer Infusionsplan erstellt	-
- wird der vorherige Infusionsplan handschriftlich abgeändert	67%
- wird der Infusionsplan ohne Änderung wieder aufgenommen	35%

Kommentar:

Handschriftliche Korrekturen stellen in der Mehrzahl der Fälle die vorgenommenen Änderungen dar. Dieses Verfahren trägt nicht gerade zur Übersichtlichkeit der Therapieunterlagen bei. Bei rechnergesteuerten Infusionen ließe sich durch einen angeschlossenen Drukker ohne Mehraufwand nach vorgenommenen Änderungen ein übersichtlicher neuer Plan ausdrucken.

4.2.2.2. Fragen zur Dokumentation der Therapie

Frage 11

Wird der Therapieplan alle 24 h mit dem Schichtwechsel neu geschrieben?

- auch bei kleinen Veränderungen	83%
- nur bei größeren Umstellungen	17%

Kommentar:

Auch der administrative Aufwand bei Schichtwechsel ließe sich durch einen am System angeschlossenen Drucker erheblich vereinfachen. Die neu erstellten bzw. veränderten Therapiepläne sind damit schnell und übersichtlich geschrieben.

Frage 12

Wie werden die verabreichten Infusionslösungen und Medikamente dokumentiert?

- die Fieberkurve ist das einzige Dokument; in ihr werden alle Medikamente und Infusionen nach Verabreichung eingetragen	56%
- sie befindet sich in unmittelbarer Nähe des Patientenbettes	63%
- die verabreichten Medikamente und Infusionen werden in chronologischer Reihenfolge in eigenen Listen notiert	30%
- die Therapie wird auf dem Verordnungsplan quittiert	67%
außerdem genannt: spezielle Intensivkurve geführt	4%

Kommentar:

Zwar erfolgt meistens eine Eintragung in die am Patientenbett befindliche Fieber- bzw. Intensivkurve jedoch ist entsprechenden Randbemerkungen an den Fragebögen zu entnehmen, daß die Frage nach der Fieberkurve als einzigem Dokument etwas unglücklich formuliert wurde. In vielen Fällen werden noch weitere Dokumente geführt, die jedoch nicht näher bezeichnet wurden.

Frage 13

Eine umfassende Bilanz mit Berechnung der Ein- und Ausfuhr sowie der Mengenangaben für die verschiedenen Substanzen ist in der Regel
alle 6 (24%) alle 8 (19%) alle 12 (35%) alle 24 (24%)
Stunden erforderlich.
je nach Patient: 9% stündlich: 2%

Kommentar:

Die zur umfassenden Bilanz für erforderlich gehaltenen Zeitabstände sind breit gestreut. Für rechnergestützte Bilanzierung sollen daher mehrere Intervalle wählbar sein.

Frage 14

In etwa (...) % der Fälle müssen auch in kürzeren Zeitabschnitten Teilbilanzen erstellt werden.

% d.Fälle:	1	5	10	15	20	30	40	50	indiv.
Antworten:	2%	9%	28%	4%	15%	9%	2%	9%	2%

Diese Sonderbetrachtung bezieht sich häufig auf:
freies Wasser (83%); Elektrolyte (89%); Kalorien (4%) Stickstoff (2%); Eiweiße (4%); bzw. Blut/Blutersatz (13%)

Kommentar:

Überwiegend sind Teilbilanzen in 10% der Fälle in kürzeren Zeitabständen nötig, die sich im wesentlichen auf freies Wasser und Elektrolyte beziehen.

Frage 15

Die Bilanz wird erstellt:
- vom Arzt 22%
- vom Pflegepersonal 80%
- von dem, der gerade mehr Zeit hat -

Kommentar:

In einigen Fällen wurden Angaben sowohl beim Arzt wie auch beim Pflegepersonal vorgenommen. In diesen Fällen wird die Bilanz offensichtlich gemeinsam erstellt. In der Mehrheit wird mit dieser Aufgabe aber wohl das Pflegepersonal betraut. Dabei ergibt sich die Frage der Bedienerakzeptanz von Rechnern beim Personal. Diese Gruppe wurde in der Fragebogenaktion nicht angesprochen, insofern sind zu diesem Thema auch keine Aussagen zu erwarten.

Frage 16

Wie viele Visiten werden auf Ihrer Station pro Woche gehalten?

Anzahl Visiten/Woche:	5	7	12	14	21	30 und mehr
% der Antworten :	4	9	2	56	24	9

- werden dabei regelmäßig alle Therapieunterlagen eingesehen 74%
- oder werden nur die akuten Punkte angesprochen 22%

Kommentar:

Zwischen der Anzahl der durchgeführten Visiten und dem Umfang der dabei angesprochenen bzw. eingesehenen Therapieunterlagen bestand in vielen Fällen ein Zusammenhang: je weniger Visiten, desto umfangreicher die dabei vorgenommenen Einsichten.

Frage 17

Wieviel Zeit muß täglich für eine lückenlose und übersichtliche Dokumentation der Infusionstherapie aufgewandt werden? (Angaben bitte in Minuten, die für jeden Patienten aufgebracht werden müssen)

Erforderliche Zeit für tägliche Dokumentation je Patient

t (min) :	5-15	20-30	45-60	80-120	> 120
Antworten:	22%	15%	24%	13%	2%

anders zusammengefaßt:

t (min) :	<15	15-25	30-60	61-120	>120
Antworten:	15%	13%	33%	15%	2%

- stellt diese Art der Schreibarbeit eine deutliche Belastung für die Mannschaft dar 59%
- ist sie verglichen mit anderen Tätigkeiten zu vernachlässigen 26%

Kommentar:

Hinsichtlich der Dokumentation und Bilanzierung würde der Einsatz eines Mikroprozessors eine deutliche Arbeitserleichterung für das Personal bedeuten. Dokumentation, Bilanzierung und deren Kontrolle werden durch übersichtliche Darstellung und ständige Verfügbarkeit der lückenlos erhobenen Daten ohne Zweifel erleichtert.

Frage 18

Werden bei Ihnen bevorzugt fertige Mischinfusionen verwendet, die nicht mehr auf der Station durch Zusätze (z.B. Zusatz von Kalium oder von Spurenelementen) verändert werden müssen?

- ausschließlich: 0% überwiegend: 35%
- das bedeutet eine deutliche Arbeitsersparnis : 17%

als andere Argumente wurden genannt:

- hygienisch erforderlich
- Sterilität
- Vermeidung von Mischfehlern
- Inkompatibilität, Überwachung, Zeitaufwand

- selten (46%) bzw. gar nicht (24%) : 70%
- die handelsüblichen Mischinfusionen sind zu teuer 13%
- zwingen zu einer starren Therapieform 56%

als andere Argumente wurden genannt (einige Zitate):

- "KH-Muster meist nicht adäquat"
- Individualtherapie, Einzelinfusion
- "halten von Denken und Überlegen ab"

Kommentar:

Obwohl gewichtige Argumente wie Sterilität, Inkompatibilitäten und Zeitaufwand für fertige Mischinfusionen sprechen, werden diese abgelehnt. Dabei sind weniger die höheren Kosten, als vielmehr die geringere Flexibilität in der individuellen Anpassung der Therapie von ausschlaggebender Bedeutung. Die Möglichkeit, mit einer rechnergesteuerten Mischbatterie Infusionen individuell zuschneiden und beliebig verändern zu können, würde diesem Verfahren entgegenkommen.

Frage 19

Die Mischungen werden in der Klinik hergestellt:	15%
- auf der Station vor dem Anhängen der Infusion	52%
- in der Klinikapotheke	15%

Kommentar:

Eine relativ große Anzahl der Befragten (fast 20%) blieb hier die Antwort schuldig. Vielleicht ein Ausdruck dafür, daß dieses Verfahren als sicherlich nicht ganz unproblematisch anzusehen ist. Auch rechtliche Gesichtspunkte könnten eine Rolle spielen. So verweist z.B. Felis [16] auf den Paragr. 4 des Arzneimittelgesetzes von 1976, nach dem das Umfüllen und Mischen von Arzneimitteln unter den Begriff des Herstellens von Arzneimitteln fällt, wozu es einer besonderen Erlaubnis bedarf.

Frage 20

Wie viele verschiedene Infusionslösungen benutzen Sie zur Behandlung Ihrer Patienten?

weniger als 10 (30%),weniger als 20 (54%),mehr als 20 (17%)

Kommentar:

Frage 20 und 21 sollten Erkenntnisse über den bei Aufnahme umfassender Informationen über die eingesetzten Infusionslösungen erforderlichen Umfang zu speichernder Daten liefern. Die Kapazität müßte demnach für ca. 20 verschiedene Lösungen ausgelegt werden. Interessant ist, daß ein großer Teil der Befragten die Anzahl der von Ihnen benutzten Infusionslösungen zu gering einschätzten und die Angaben nach Aufschlüsselung in Frage 21 korrigierten.

Frage 21

Wie groß ist die jeweilige Anzahl für die folgenden Gruppen:

	Anzahl: 1	2	3	4	5	>5
a. Volumentherapie						
- Expander:	15%	41%	2%	-	4%	2%
- Blut, Blutfraktionen, Eiweißfraktionen,Albumin	2%	4%	9%	6%	20%	33%
b. Freies Wasser und Elektrolyte						
- Vollelektrolyte ohne Zusätze:	22%	28%	9%	6%	?-	4%
- Spurenelemente:	24%	11%	2%	2%	-	-
c. Kohlenhydrate						
- reine Glukose in verschiedenen Konzentrationen	6%	22%	30%	19%	-	-
- Lösungen mit anderen Kohlenhydraten	17%	19%	9%	-	-	2%
d. Weitere Stoffwechselemente						
- Aminosäuren in verschiedenen Zusammensetzungen:	15%	28%	22%	4%	4%	-
- Fettemulsionen:	50%	20%	-	-	-	-
e. Therapeutika für						
- Osmotherapie:	37%	26%	-	-	-	-
- Säure-Basenhaushalt:	24%	35%	9%	-	-	-

f. Als weitere wichtige Lösungen wurden genannt: Elektrolytlösungen, verschiedene Lösungen zur Hämofiltration, Diureselösungen.

Frage 22

Angebrochene Infusionslösungen dürfen bis zu 6 h (39%), (43%), 18 h (6%), unbegrenzt (6%) verwendet werden.

- die zulässige Höchstdauer ist von der Haltbarkeit der einzelnen Infusionslösungen abhängig, es können keine einheitlichen Zeitangaben gemacht werden 33%

- die angegebene Zeit wird von hygienischen Gesichtspunkten bestimmt und ist für alle Infusionslösungen gleichermaßen verbindlich 59%

Kommentar:

Die zulässige Verwendungsdauer wird überwiegend mit 6-12h angegeben und als für alle Lösungen gleichermaßen verbindlich bezeichnet.
Bei Rechnersteuerung von Infusionen würde eine einfache Anzeige der Laufzeit dem Anwender selbst ermöglichen, den Zeitpunkt für einen Wechsel zu bestimmen. Besser wäre zweifellos, den Ablauf der zulässigen Verwendungsdauer (in der Regel sollten das aus hygienischen Gründen 6 h sein) in ein entsprechendes Alarmsystem zu integrieren.

4.2.2.3. Fragen zu den Medikamenten

Frage 23

Im folgenden geht es um die wichtigen Medikamente auf der Intensivstation. In der ersten Spalte "Bedeutung" geben Sie bitte die Häufigkeit mit der die Medikamente verabreicht werden:
(selten oder gar nicht = 0; häufig = 1; sehr oft = 2).
In der zweiten Spalte bei "Applikationen", tragen Sie bitte ein, auf welche Weise die Substanz normalerweise verabreicht wird:
(von Hand in die laufende Infusion = H; nach Mischung mit einer Infusion über die Infusionspumpe = I; mit einer separaten Spritzenpumpe = P; andere, weniger häufige Modalitäten = a)
In regelmäßigen Abständen sind Freizeilen eingefügt, um Platz für andere wichtige Substanzen zu geben.

Eine Aufschlüsselung der Antworten ergab nachfolgende Reihenfolge:

Name:	Punktzahl:	Bevorzugte Applikationsart:
1. Dopamin	77	Spritzenpumpe
2. Heparin	75	Spritzenpumpe/Infusion
3. Insulin	67	Spritzenpumpe/von Hand
4. Diazepam	60	fast nur von Hand

5. Cephalosporin	60	von Hand/per Infusion
6. Antacida	58	von Hand
7. Furosemid	58	von Hand
8. Aminoglukosid	57	von Hand/per Infusion
9. Cimetidin	56	von Hand
10. Vitaminpräparate	55	mit Infusion
11. Dobutamin	52	Spritzenpumpe/Infusion
12. Spurenelemente	50	mit Infusion
13. Nitroglycerin	48	Spritzenpumpe
14. Spironolacton	45	von Hand
15. Dexamethasol	42	fast nur von Hand
16. Xylocain	41	Spritzenpumpe/Infusion
17. Fentanyl	39	von Hand
18. Theophylin	38	per Infusion/von Hand
19. Pancuronium	38	fast nur von Hand
20. Digoxin	38	fast nur von Hand
21. Morphium	35	fast nur von Hand
22. Verapamil	34	von Hand
23. Etomidat	31	von Hand/Spritzenpumpe
24. Methyldigoxin	30	ausschließlich von Hand
25. Flunitrazepam	30	fast nur von Hand
26. Penicillin-g	26	Hand/Infusion
27. Na-Nitroprussit	26	Spritzenpumpe/Infusion
28. Adrenalin	24	Spritzenpumpe
29. Noradrenalin	20	Spritzenpumpe
30. Pentazocin	19	von Hand
31. Orciprenalin	18	Infusion
32. Propanolol	18	von Hand
33. Droperidol	18	ausschließlich von Hand
34. Clonidin	18	von Hand
35. Thiopental	18	von Hand
36. Digitoxin	17	ausschließlich von Hand
37. Tetracyclin	17	von Hand
38. Chlorpromazin	17	von Hand
39. Piritramid	17	ausschließlich von Hand
40. Etacrynsäure	15	von Hand
41. Succenylcholin	15	ausschließlich von Hand
42. Pindolol	14	von Hand
43. Salbutamol	13	von Hand
44. Acetylsalicylsäure	12	von Hand
45. Polipeptide	12	von Hand
46. Novaminsulfon	11	fast nur von Hand

Kommentar:

Ähnliche Untersuchungen führten Campos et al. 1980 [9], Buchanau et al. 1978 [7] und Aranda et al. 1976 [3] durch. Die Ergebnisse sind jedoch nicht miteinander vergleichbar.
Campos und Mitarbeiter untersuchten an 427 Intensivfällen in 6 Monaten den Medikamentengebrauch. Dabei wurden die Patienten nach Diagnose in 5 Gruppen eingeteilt.
Die Ergebnisse beziehen sich nur auf eine Intensivstation, ebenso wie in den beiden Untersuchungen von Buchenauer et al., der außerdem Infusionen nicht berücksichtigte, und Aranda et al., dessen Aussagen auf eine Neugeborenen- Intensivstation bezogen sind.
Obwohl diese Untersuchungen daher mit der von uns erhobenen rein qualitativen Punkteliste nicht direkt vergleichbar sind, sind einige Zusammenhänge dennoch von Interesse.
Im wesentlichen rangieren die von Campos et al. am häufigsten eingesetzten Medikamente auch in "unserer" Reihenfolge ganz oben.
Die auffälligsten Unterschiede bestehen hinsichtlich der Häufigkeit von Dopamin, Antacida und Cimetidin, die in der von Campos et al. erstellten Rangfolge deutlich weiter hinten zu finden sind, während Acetylsalicylsäure dort zu den am häufigsten eingesetzten Medikamenten gehört.
In Übereinstimmung mit Buchanau et al. berichteten Campos et al. von einem hohen Gentamicin-Gebrauch.
In unserer Liste sind die Aminoglukoside ebenfalls unter den häufigsten zehn Medikamenten zu finden, wobei Gentamicin nicht gesondert aufgeführt wird.
Campos et al. sehen in dem häufigen Gentamicin-Gebrauch einen Hinweis auf die große Bedeutung gramnegativer Keime in der Intensivmedizin.
Campos et al. nennen insgesamt 96 Präparate, davon sind 17 Infusionen. Dabei wurden nur Medikamente mit einer Häufigkeit über 1% berücksichtigt. Ohne Häufigkeitsreihenfolge werden weitere 50 Präparate mit weniger als 1% Häufigkeit von ihm aufgeführt.

Frage 24

Wie viele verschiedene Medikamente werden pro Intensivpatient im Schnitt zusätzlich zu den Infusionen verabreicht? weniger als 5 (15%), weniger als 10 (67%), weniger als 20 (19%), mehr als 20 (2%)

Kommentar:

Die genannten Zahlen lassen keine Schlüsse über die Gesamtzahl der eingesetzten Medikamente zu. Zwar werden sehr selten mehr als 20 Präparate pro Patient verabreicht, jedoch kann das Spektrum verschiedener Mittel erheblich weiter gestreut sein.

Frage 25

Oft wird eine Mischung von Infusionen mit Zusätzen und Medikamenten vor dem Anhängen der Infusion vorgenommen. wird diese Praxis auch bei Ihnen ausgeübt?

ja 83% nein 15%

Welche Argumente sind für Sie von Bedeutung?

a. Vereinfachung der Infusionstherapie 63%

b. die Zahl der Infusionspumpen kann reduziert werden 61%

an anderen Argumenten wurden genannt:

- langsamere Med.-Zufuhr/konstante Zufuhr
- bessere Verteilung der Medizin (gleichmäßiger Wirkspiegel)
- Fehlen von Infusionspumpen
- indiv. Regulierung möglich

c. die Gefahr der Verunreinigung ist durch das Zuspritzen zu groß 22%

d. bei einer Änderung der Verordnungen müssen Infusionen verworfen werden 28%

an anderen Argumenten wurden genannt:

Kommentar:

Trotz erkennbarer Nachteile und Gefahren ist das Zumischen und Zuspritzen von Medikamenten zu Infusionen weit verbreitet. Die dafür genannten Argumente machen deutlich, daß sich durch ein Infusionssystem, bei dem die verschiedenen Lösungen getrennt voneinander über ein durch Mikroprozessor zu steuerndes Ventil verabreicht werden, Verbesserungen ermöglichen ließen. Die durch die Praxis des Mischens erzielten Vorteile ließen sich dabei erhalten, ohne die damit verbundenen Nachteile und Gefahren in Kauf nehmen zu müssen.

Frage 26

Aufgezogene, per Infusionspumpe (z.B. Perfusor-Spritze) verabreichte Medikamente, müssen innerhalb einer bestimmten Zeit verabreicht oder verworfen werden.

- innerhalb 6 h (17%), 12 h (43%), 18 h (2%), 24 h (33%), ohne zeitliche Beschränkung (...)
- immer, wenn Gerät abgestellt (2%)
- je nach Medikament (2%)

Kommentar:

Ähnlich wie bei angebrochenen Infusionslösungen (Frage 22) ließe sich der Ablauf der zulässigen Verwendungsdauer in ein geeignetes Alarmsystem integrieren. Dabei sind 12 h wohl als bevorzugter Zeitraum anzusehen. Aus hygienischen Gründen sollten jedoch 6 h nicht überschritten werden.

Frage 27

Mit der Entwicklung des "künstlichen Pankreas"(Blutzuckerregulation bei Diabetikern mittels fortlaufender Glukosebestimmung und automatischer Insulinzufuhr) wurde ein geschlossener Regelkreis erfolgreich für medizinische Zwecke eingesetzt. Vergleichbare Untersuchungen wurden inzwischen auch für andere Medikamente angestellt.

Halten Sie diese Entwicklung für positiv?

ja (76%) nein (15%)

Aus welchen Gründen:
- die automatische Kontrolle entlastet das Personal (46%)
- pharmakologischen Gesichtspunkten kann besser Rechnung getragen werden (54%)

an anderen Argumenten wurden genannnt:
- physiologische (niedrige) Dosierung möglich
- Optimaldosierung einstellbar
- in schweren Fällen einfacher zu handhaben
- engmaschige Kontrolle möglich

Sehen Sie in dieser Technologie eher eine bedrohliche Entwicklung?
- bei technischem Versagen können unvorhersehbare Zwischenfälle auftreten (48%)
- die individuelle Reaktionslage des Patienten läßt eine programmatische Einstellung nicht zu (24%)

an anderen Argumenten wurden genannt:
- Einschätzung noch zu früh
- nur für wenige Medikamente sinnvoll
- derzeit klinisch nicht praktikabel

Kommentar:

Grundsätzlich wird die Tendenz zur automatischen Applikation von Medikamenten überwiegend positiv beurteilt, jedoch wurden die damit verbundenen Gefahren nicht verkannt. Zweifellos bedarf es sorgfältiger Sicherheitsvorkehrungen, um bei Versagen der Technik ernsthafte Folgen auszuschließen. Das Hauptproblem ist jedoch wohl in der zuverlässigen Messung geeigneter Parameter für die Steuerung und Regelung zu sehen.

Frage 28

Für die im Folgenden aufgeführten Medikamente bzw. Indikationen wurde das Prinzip des geschlossenen Regelkreises bereits medizinisch eingesetzt. Welche Applikation halten Sie für diskussionswürdig?

- Insulinapplikation bei fortlaufender Glukosebestimmung (80%)
- Natrium-Nitroprussit gesteuert nach blutiger Druckmessung (46%)
- Xylocain gesteuert nach Zahl der ES aus dem EKG (26%)
- Morphinomimetika vom Patienten selbst abgerufen (ODAC) (41%)
- Oxytocin gesteuert vom Kardiotokographen (19%)
- Volumensubstitution nach verschiedenen Vitalparametern (13%)

Kommentar:

Größtes Interesse erweckte die Applikation von Insulin unter fortlaufender Glukosebestimmung. Das ist wohl darauf zurückzuführen, daß diese das bekannteste der genannten Verfahren ist. Grundsätzlich werden bekannte Dinge ja eher angenommen, als neue Vorstellungen, denen im allgemeinen zumeist mit mehr Zurückhaltung begegnet wird.

Frage 29

Für einige andere Medikamente könnte man sich eine automatische Applikation innerhalb gewisser Grenzen vorstellen. Für welche Indikationen würden Sie sich interessieren?

- Dopamin bei simultaner Messung des arteriellen Blutdrucks (24%)
- Furosemid und Bestimmung der Urinproduktion (17%)
- Sedativa bzw. Hypnotika und EEG-Monitoring (39%)
- Muskelrelaxantien und EMG (z.B. train of four) (41%)

andere genannte Indikationen:
- Heparin nach TI
- Barbiturate/ICP

Kommentar:

Mit fortschreitender technischer Entwicklung sind sicher noch weitere Möglichkeiten für automatische Applikationen denkbar. Dabei dürfte das Problem weniger in der Applikation selbst als vielmehr in der zuverlässigen Messung geeigneter Parameter für die Steuerung und Regelung liegen.

Von Bäuerle et al.[6] wurde 1977 ein dazu geeignetes System zur kontinuierlichen Messung der Urinausscheidung vorgestellt. Dabei wurden die ausgeschiedenen Flüssigkeitsmengen in Kombination mit einer guten Bettenwaage mit einer Genauigkeit von weniger als 2% Abweichung erfaßt.

4.2.2.4. Fragen zur Infusionstechnik

Frage 30

Wie oft muß bei Ihren Intensivpatienten ein zentralvenöser Zugang gelegt werden?

ein Zugang:

% der Fälle	100	90	80	70	60	50	40
Antworten in %	46	13	22	6	-	2	4

zwei Zugänge:

% der Fälle	100	90-60	50	40	30	20	10
Antworten in %	6	4	9	6	4	13	24

Kommentar:

ein Zugang: 81 % der Antworter halten einen zentralvenösen Zugang in 80-100% der Fälle für erforderlich, wobei allein 46% in jedem Fall einen solchen Zugang für nötig erachten.
zwei Zugänge: Für die Notwendigkeit von zwei zentralvenösen Zugängen ergibt sich ein Schwerpunkt mit 37% bei 10-20% der Fälle.

Frage 31

Welche Gründe spielen beim Legen des zentralen Katheters eine entscheidende Rolle? Bitte tragen Sie gemäß der Bedeutung eine Nummer ein (überhaupt keine Bedeutung = 0, unwichtig = 1, wichtig = 2, sehr wichtig = 3).

- der ZVD muß regelmäßig gemessen werden
  sehr wichtig: 74% wichtig: 17% unwichtig: 9%
- um eine parenterale Ernährung durchführen zu können
  sehr wichtig: 70% wichtig: 22% unwichtig: 6%
- wegen der sicheren Verabreichung potenter Pharmaka
  sehr wichtig: 35% wichtig: 56% unwichtig: 6%
- intrakardiale/intrapulmonale Drücke müssen registriert werden
  sehr wichtig: 28% wichtig: 30% unwichtig: 15%
- venenreizende Lösungen zwingen zu dieser Maßnahme
  sehr wichtig: 50% wichtig: 35% unwichtig: 6%

weitere Argumente:
Langzeittherapie, schlechte Venenverhältnisse, großflächige Verbrennungen, 50% Glukose, Blutentnahme, subjektiv für Patienten angenehmer.

Kommentar:

Hauptgründe für das Legen eines zentralen Katheders sind in Reihenfolge der prozentualen Häufigkeit der Nennungen:
1. Messung des zentralen Venendrucks
2. parenterale Ernährung
3. venenreizende Lösungen.

Da ohnehin häufig gemessen, dürfte der zentrale Venendruck damit grundsätzlich ebenfalls als Paramter zur Steuerung und Regelung automatischer Infusionen zu diskutieren sein. In welcher Form die gemessenen Werte dafür geeignet sein können, soll hier jedoch nicht näher erörtert werden.

Frage 32

Bei gleichzeitiger Applikation verschiedener Pharmaka und Infusionen wird die Zufuhr oft über mehrere venöse Zugänge vorgenommen: Wieviele Leitungen benutzen Sie durchschnittlich?

Anzahl Leitungen	5	4	3	2	1
Antworten in %	2	4	9	61	22

Welche Argumente sind für Sie ausschlaggebend?
- verschiedene Lösungen dürfen sich nicht mischen 59%
- um die nötige Förderrate zu gewährleisten 52%
- aus Sicherheitsgründen werden mehrere Zugänge benötigt 37%
- um unnötige Manipulationen am zentralen Zugang zu vermeiden (z.B. Blutabnahme f. Laboruntersuchungen) 39%

als weitere Argumente wurden genannt:
- Katecholaminzufuhr darf durch i.v. Gabe von Medikamenten nicht zu sehr schwanken
- unterschiedliche Laufgeschwindigkeiten bzw. Überdruckinfusion
- Inotrope Med. und Vasodilatatoren dürfen nicht über zentralen Zugang verabreicht werden
- Heparin-Infusion stört Laborkontrolle

Oder sollte möglichst nur ein Zugang gelegt werden? 41%
- das Wohlbefinden des Patienten wird durch die vielen Schläuche beeinträchtigt 32%
- die Infektionsgefahr nimmt die Zahl der Zugänge zu 54%

Kommentar:

in der Mehrzahl der Fälle werden 1-2 venöse Zugänge vorgenommen. Unklar bleibt, ob der in Frage 30 angesprochene zentralvenöse Zugang hierbei bereits mitgerechnet wurde.
Die Beantworter sind sich der Diskrepanz zwischen 1 und 2 Zugängen bewußt.

Frage 33

Oft wird die Mischung verschiedener Infusionen und Medikamente erst durch Zusammenführen der einzelnen Flüssigkeiten in einen Infusionsschlauch bewirkt. Wird auch bei Ihnen auf diese Weise verfahren?
meistens: 67%, selten: 19%
- dadurch brauchen bei Umstellung eines Medikamentes nicht die anderen Teile einer Mischlösung weggeworfen werden
- die Situation am Krankenbett ist übersichtlicher 52%

als anderes Argument wurde genannt: 4%
das bedeutet einen zu hohen Verbrauch an Einmalartikeln.

Kommentar:

Bei Zusammenführung verschiedener Pharmaka in einen Infusionsschlauch ergibt sich wieder das Problem der Inkompatibilitäten, wenn die Lösungen nicht zeitlich nacheinander durch neutrale Lösung getrennt verabreicht werden können.

Frage 34

Wieviel Infusionen laufen bei Ihren Intensivpatienten normalerweise gleichzeitig?

Anzahl	5	4	3-4	3	2-3	1-2
% der Antworten	11	15	9	26	22	4

Kommentar:

Durchschnittlich meistens 3, wobei innerhalb der Spanne von 2-4 insgesamt 72% der Antworten zu finden sind. Es dürfte demnach genügen, ein Ventil zur gesteuerten Infusion für bis zu 5 Zuläufe auszulegen.

Frage 35

Setzen Sie bei Infusionen Mikrofilter ein?
- gar nicht: 56%, selten: 4%, meistens: 22%, immer: 13%
- nur bei Infusionen mit Infusionspumpe 0
- Membranfilter 30% Adhäsionsfilter 4%
- bevorzugte Porengröße in Mikrometern:

My	0,2	0,8	4	5	10	40
Antw. in %	2	2	2	6	2	2

Kommentar:

Obwohl verschiedene Autoren [2,28] den Einsatz von Mikrofiltern vor allem für Langzeitinfusionen empfehlen, scheinen sich diese in der Praxis nicht recht durchzusetzen.
Die Frage nach der bevorzugten Porengröße blieb in den meisten Fällen unbeantwortet (möglicherweise aufgrund fehlender Kenntnisse). Wegen der geringen Anzahl an Antworten sollten deshalb hier keine Schlüsse gezogen werden.

4.2.2.5. Fragen zu den Infusionsgeräten

Frage 36

Infusionspumpen zur intravenösen Applikation von Medikamenten und Lösungen im Rahmen komplexer Infusionsregime sind unveräußerlicher Bestandteil moderner Intensivtherapie.

auf jeden Fall: 96% nicht unbedingt: 2%

Kommentar:

Die Antworten machen deutlich, wie rasant die technische Entwicklung auch in der Medizin vonstatten geht. Erst vor ca. 30 Jahren wurden die ersten Infusionspumpen eingesetzt, heute werden sie als unverzichtbar angesehen.

Frage 37

Wieviel Infusionsgeräte kommen bei einem Intensivpatienten gleichzeitig zum Einsatz (Geräte wie Infusionspumpen, Perfusoren, Tropfenzähler usw.)

Anzahl:	Antworten in %: nie	selten	meistens
0	13	26	-
1 - 2	-	13	69
3 - 4	-	54	26
5 - 6	19	30	11
mehr als 6	22	15	0

Kommentar:

69% der Befragten setzen meistens 1-2 Geräte ein, 54% selten 3-4. Demnach wären für die Durchführung der überwiegenden Anzahl Infusionen bis zu 4 Infusionsgeräte erforderlich. Eine mögliche Reduzierung dieser Anzahl dürfte nicht nur für den Patienten angenehmer sein, sondern auch zur Arbeitserleichterung für das Personal beitragen.

Frage 38

Welches Pumpenprinzip wird von Ihnen bevorzugt eingesetzt?

Kolbenpumpen: 22%, peristaltische Pumpen: 17%,
beide Verfahren: 63%

werden auch Pumpen mit anderen Fördermechanismen eingesetzt? 0%

Kommentar:

Im wesentlichen scheinen handelsübliche Infusionspumpen mit den bekannten Pumpenprinzipien eingesetzt zu werden.
Unter "andere Fördermechanismen" werden vereinzelt auch Angaben wie "Schlauchrollenpumpe" oder "Perfusor" gemacht, die bei der Auswertung den entsprechenden Prinzipien zugeordnet wurden.
Ein weiteres interessantes Prinzip wären z.B. Taumelscheibenpumpen oder Membranpumpen, die jedoch nicht genannt wurden.

Frage 39

Wie beurteilen Sie die Leistungsfähigkeit derzeit vorhandener Infusionspumpen:

- voll ausreichend 43%
- eine Weiterentwicklung bedeutet eine Überbewertung technischer Aspekte und führt eher zu einer Verschlechterung der medizinischen Versorgung 11%
- die vorhandenen Pumpen genügen zwar insgesamt den derzeitigen Anforderungen, eine Weiterentwicklung und Verbesserung ist jedoch notwendig, 48%

in Bezug auf folgende Mängel:
genannte Mängel bzw. Verbesserungswünsche:

- Ungenauigkeiten in niedrigen Förderbereichen (öfter genannt)
- Störanfälligkeit/Zuverlässigkeit
- fehlendes Interface für Computer
- Lebensdauer
- ungenaue Volumenkonstanz
- Tropfen = Milliliter
- Ganggenauigkeit
- Infusionssets
- Dosisbereich zu klein

- platzsparendes Baukastensystem nötig
- Alarme (z.B. Überdruck)
- Handhabung (z.B. Eichung bei Perfusor)
- Anzeige/Monitoring
- Kontrollmöglichkeiten
- Antrieb mehrerer Infusionslösungen gleichzeitig
- Geräte zu teuer
- Reinigung/Desinfektion
- Gefahr des Leerpumpens

Kommentar:

Obwohl die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Pumpen zumeist als ausreichend bezeichnet wird, werden doch eine große Anzahl Mängel aufgeführt. Hervorzuheben ist dabei die Ungenauigkeit in kleinen Förderbereichen, die mehrfach bemängelt wurde. Gleichzeitig wird der Dosisbereich als zu klein angegeben.

Frage 40

Für den Patienten ergibt sich aus einer zunehmenden Immobilität durch "Verkabelung" neben der Grunderkrankung eine spürbare Belastung. Ein leistungsstarkes Infusionsgerät, das in größerem Abstand vom Patienten mit nur einer Zuleitung arbeiten kann, wäre:

wünschenswert: 33%, überflüssig: 26%,
nicht durchführbar: 24%

Kommentar:

Wie bereits bei Frage 8 erwähnt, wäre ein solches System durchaus denkbar, wirft jedoch eine Reihe technischer Fragen auf (Siehe Abschnitt 5).
In einem Fall wurde angegeben, daß ein solches Gerät dort bereits vorhanden ist.

Frage 41

Welche Parameter würden Sie zum Einstellen der Infusionspumpe vorschlagen?

- ml/min 30%	ml/h	56%
- ml/frei wählb. Zeitintervall		39%
- mg/min 9%	mg/h	9%
- mg/frei wählb. Zeitintervall		6%
- Förderrate bezogen auf das Gesamtgewicht des Patienten		9%
- oder erscheint Ihnen die Einstellung von 4-6 vorgegebenen Förderraten (Stufenschalter) überschaubarer und sicherer		0

Kommentar:

Die ml-Angabe wird bevorzugt gegenüber der mg-Angabe. Die technisch einfache Möglichkeit der individuellen Einstellung wird nicht in Erwägung gezogen. Dennoch sollte sie dem Benutzer angeboten werden.

Frage 42

Um über den Funktionszustand der Pumpe Auskunft zu erhalten (z.B. Förderraten und Alarm) ist eine Anzeige nötig. Verschiedene Konzepte wurden bisher realisiert.
Welcher Form würden Sie den Vorzug geben?

- ausschließlich Beschriftung am Wahlschalter	15%
- kodierte Leuchtziffernanzeige (nur Zahlen)	26%
- alpha-numerisches Display (Anzeige mit Text und Zahlen)	56%
- Kleinbildschirm mit Klartext	11%

Kommentar:

Die Antworten spiegeln die allgemein-techniche Entwicklung und ein Umdenken in dieser Hinsicht wieder. Die Tendenz zu Informationsdarstellung mit alpha-numerischem Display ist nicht nur auf medizinische Geräte beschränkt, sondern in allen Bereichen des täglichen Lebens anzutreffen. Es ist anzunehmen, daß mit fortschreitender technischer Entwicklung in einigen Jahren dem Kleinbildschirm der Vorzug gegeben wird.

Frage 43

Um über den Betrieb der letzten Stunden Auskunft zu geben, könnte die Infusionspumpe mit einem kleinen Drucker verbunden sein. Auf diese Weise wäre die Protokollierung der intravenösen Therapie und die Anzeige von Störungen möglich.
Halten Sie einen solchen Zusatz für sinnvoll? 37%

Kommentar:
Die relativ niedrige Anzahl zustimmender Antworten ist wohl auf die Angst zurückzuführen, mit einem Drucker durch zusätzliche "Produktion" von Papier noch mehr bürokratische Belastung zu schaffen, als ohnehin schon vorhanden. Bei überlegtem Einsatz würde ein solcher Drucker jedoch zweifellos die Überwachung einer Therapie verbessern und eine Menge handschriftlicher Arbeit zur Dokumentation ersparen.

Frage 44

Können Sie auf Ihrer Intensivstation auf Rechnerunterstützung zurückgreifen (19%), bzw. wird die Anschlußmöglichkeit von Infusionspumpen an eine zentrale Überwachungs- und Steuereinheit erörtert (17%)

Kommentar:
Die Ergebnisse dieser Frage zeigen, daß der Einsatz moderner Technologien in Form von Rechnern im Zusammenhang mit intensivmedizinischen Problemen noch relativ wenig verbreitet ist.

Frage 45

Wurden beim Einsatz von Infusionspumpen Parainfusionen beobachtet?
- bisher noch nicht (22%), selten (65%), wiederholt (6%).
Bisherige Parainfusionen hatten keine schweren Folgen (56%), waren leider mit ernsten Komplikationen verbunden
(3 Fälle genannt, davon nur 2 näher bezeichnet):
1. Infusionshydrothorax;
2. Herz- und Kreislaufstillstand durch versehentlich zu hohe Kalziumzufuhr;

Kommentar:
Diese Frage diente dazu, die Gefahr möglicher Parainfusionen durch Feststellung ihrer Häufigkeit abschätzen zu können und die Dringlichkeit der Suche nach einem geeigneten Alarmsystem zu verdeutlichen.

4.2.2.6. Fragen, die den Einsatz von Infusionspumpen im OP betreffen

Frage 46

Es gibt Anaesthesieabteilungen, in denen für jede Art von Narkose ein venöser Katheter gelegt werden muß, auch bei sogenannten Kurznarkosen für kleine Eingriffe.
- gilt diese Regel auch bei Ihnen?
  ja: 63%, nicht unbedingt: 15%, keine Antwort: 22%

Welche Argumente sind für Sie gültig?
- Zwischenfälle nach Gabe eines potenten Anaesthetikums erfordern schnelle Gegenmaßnahmen und deswegen einen sicheren Zugang 65%
- ein venöser Zugang bedeutet zu viel Aufwand, davon kann bei kleinen Eingriffen abgesehen werden 6%

als andere Argumente wurden genannt:
- geringster Standard
- Risiko/Nutzen - Gleichgewicht abzuwägen

Kommentar:

Bei dieser Frage gab es hin und wieder Mißverständnisse, die wohl auf eine etwas ungenaue Formulierung zurückzuführen sind. Gemeint war ein peripher venöser Zugang (Plastikverweilkanüle). Von der Mehrzahl der Befragten wurde das jedoch auch so verstanden und ein solcher Zugang als unbedingt erforderlich angesehen.

Frage 47

Mit der Einführung potenter i.v.-Anaesthetika nimmt in den letzten Jahren die Zahl der intravenösen Narkosen gegenüber den konventionellen Inhalationsanaesthesien zu.
Halten Sie diese Entwicklung für begrüßenswert?
ja: 56%, nein: 13%

Welche Argumente treffen Ihrer Meinung nach zu?
- auf diese Weise kann eine sehr differenzierte Narkose durchgeführt werden 63%
- die schädlichen Wirkungen der volatilen Narkotika können dem Patienten erspart werden 32%
- die Belastung des Op-Personals mit volatilen Narkotika kann auf diese Weise reduziert werden 47%

an anderen Gründen wurden genannt:
- Kombination verspricht stressfreie Anaesthesie
- besondere Vorteile für ICP-Erhöhung bzw. gestörte Autoregulation des Gehirns
- Unabhängigkeit vom Verdampfer

Kommentar:

Mit zunehmender Zahl von Narkosen mit i.v. Anaesthetika steigt die Möglichkeit der maschinellen Applikation dieser Mittel. In Frage 49 wird hierauf noch einmal eingegangen.

Frage 48

Glauben Sie, daß der Großteil der Narkosen weiterhin als Inhalationsnarkosen durchgeführt wird?

ja 59% nein 15%

dafür sprechen folgende Argumente:
- besser steuerbar 41%
- einfacher zu handhaben 54%
- schnellere Wechsel möglich 15%
- kein Hangover 22%
- andere genannte Gründe:
- Gewohnheit, konservative Einstellung
- Kombination mit i.v.
- sicherer steady state
- Preis

Kommentar:

Mit der Entwicklung ultra-kurzwirkender Hypnotika und angesichts der Nebenwirkungen von Halothan (hohe Metabolisierungsrate, negativ-inotrope Wirkung und zelluläre Immunsupression) wurde die kontroverse Diskussion um die beiden verschiedenen Verfahren zur Anaesthesie erneut aufgenommen. Z.Zt. scheint in vielen Fällen eine Kombination beider Verfahren praktiziert zu werden.

Zur Problematik der Narkosen haben sich nicht alle Antworter geäußert. Das ist wohl darauf zurückzuführen, daß in vielen Fällen diese Fragen meist von Anaesthesisten beantwortet wurden.

Frage 49

Wenn an einem Anaesthesieplatz viel mit verschiedenen i.v. Anaesthetika gearbeitet wird, wäre dann eine maschinelle Applikation von Medikamenten sinnvoll?

- ja, denn eine Infusionspumpe kann pharmakokinetischen Aspekten durch unterschiedliche Infusionsraten gerecht werden 30%
- nein, man sollte die Narkosemedikation grundsätzlich von Hand spritzen 39%

weiter wurde genannt:

- sinnvoll ja, könnte aber zu Nachlässigkeit verleiten.

Kommentar:

Die relativ geringe Anzahl Antworten zu diesen Fragen ist darauf zurückzuführen, daß einige Antworter den gesamten Fragenkomplex zur Anaesthesie ausgelassen haben. Andere wiederum sind sich in der Einschätzung dieser Problematik noch nicht sicher.
Für die intravenöse Anaesthesie sollte jedoch eine steuerbare Infusionspumpe ebenso vorhanden sein, wie für die Inhalationsnarkose ein zuverlässiger Verdampfer erforderlich ist. Pharmakodynamische Untersuchungen mit i.v. Hypnotika haben ergeben, daß für eine optimale Dosierung sowohl repetitive Bolusgaben, als auch Infusionen mit unterschiedlicher Fördermenge erforderlich sind. Die manuelle Applikation erweist sich hierbei als zu ungenau und zu arbeitsaufwendig.

Frage 50

Bei größeren Eingriffen, bei denen neben den Medikamenten verschiedene Infusionsflüssigkeiten zum Einsatz kommen (Volumentherapie, Bilanzierung von Elektrolyten und Säure-Basen-Haushalt) könnte man das Narkosegerät durch eine leistungsstarke Infusionseinheit erweitern:

- würden Sie eine solche Einrichtung begrüßen 43%
- oder ablehnen 17%
- sollte diese Einheit mit einem Drucker versehen sein, der eine übersichtliche Dokumentation für die gesamte Narkose liefert 32%
- eine solche Einrichtung bedeutet keine Arbeitserleichterung, sie lenkt nur von den eigentlichen ärztlichen Aufgaben ab 30%

Kommentar:

Relativ häufig wurden hier Doppelantworten gegeben, die zeigen, daß viele der Befragten eine solche Einrichtung zwar begrüßen würden, durchaus aber auch die Gefahr der Ablenkung sehen.

4.2.2.7. Fragen zum Arbeitsbereich

Frage 51

Bezug des Ausfüllenden zur Problematik:
Die Stellungnahme gründet sich:

- auf einer theoretischen Auseinandersetzung mit dem Thema 19%
- auf der wissenschaftlichen Bearbeitung von Detailproblemen 35%
- auf der Auseinandersetzung mit der täglichen Routine 91%

Kommentar:

Die Fragen wurden überwiegend von Personen beantwortet, die sich täglich mit der Problematik auseinanderzusetzen haben.

Frage 52

Der Ausfüllende verfügt über Erfahrungen aus mehrjähriger Tätigkeit:

- auf einer Intensivstation 96%
- im Aufwachraum 46%
- im OP 65%
- als leitender Oberarzt 76%
- als Stationsarzt 22%
- als Assistenzarzt 19%

Kommentar:

Die Antworten spiegeln die Lehrmeinung wieder. Aus der Sicht der Diensttuenden und des Pflegepersonals ergäben sich möglicherweise auch andere Ergebnisse.

Frage 53

Die Aussagen beziehen sich auf die Arbeit auf einer:

- interdisziplinären Intensivstation 41%
- internistischen Intensivstation 22%
- allgemeinchirurgischen Intensivstation 46%
- anaesthesiologischen Intensivstation 52%
- auf die Arbeit in einem Aufwachraum 39%
- oder anderer Station mit medizinisch aufwendiger Therapie bzw. Betreuung z.B.:
- Toxikologie 4%
- Dialyse 17%

Frage 54

Die Bettenzahl der Intensivstation(en) beträgt

Bettenzahl	5-10	11-20	21-30	> 30
% d. Antw.	24	48	11	2

Bettenzahl insgesamt: 588
Anzahl Antworten: 38
Durchschnittliche Zahl pro Haus: 15,5

Die medizinischen Schwerpunkte liegen in der Reihenfolge der Häufigkeit bei:

- Polytraumata 48%
- Herz-Operationen 41%
- Abdominalchirurgie 30%
- Allgemeine Chirurgie 30%
- Postoperative Versorgung 22%
- Kardiologie 20%
- Sepsis 17%
- Neurochirurgie 17%
- Exogene Intoxikation 15%
- Gyn/Geburtshilfekomplikation 13%
- Orthopädie 11%
- Resp. Insuffizienz 9%
- Innere Medizin 6%
- HNO 6%

sowie: Kinderchirurgie, Dialyse, Urologie, Verbrennungen

Kommentar:
Die Fachgebiete Pädiatrie und Innere Medizin müßten mit zwei weiteren Fragebogenaktionen gesondert untersucht werden.

Frage 55

Im Operationssaal sind (...) Tische zu versorgen:

Anzahl Tische	2-5	6-10	11-20	21-30	> 30
Antw. in %	15	13	22	13	4

Frage 56

Die durchschnittliche Anzahl Patienten pro Jahr beträgt:

Intensivpatienten pro Jahr	100-500	600-1000	>1000
% d. Antworten	22	26	20

Gesamtzahl Intensivpatienten:	31350
Anzahl Antworten:	34
Durchschnitt pro Haus:	922

Patienten im Op pro Jahr	700-10000	11000-15000	> 15000
% d. Antworten	24	15	26

Gesamtzahl Operationen:	398200
Anzahl Antworten:	29
Durchschnitt pro Haus:	13731

Kommentar:

Hier muß berücksichtigt werden, daß von den 46 ausgewerteten Fragebögen nur 29 bei diesen Zahlen Angaben gemacht haben. Die Gesamtzahl der erfaßten OP-Zahlen dürfte demnach viel höher liegen.
Interessant wären Berechnungen über Betriebszeiten und Auslastung der Geräte, wozu jedoch genauere Angaben benötigt würden.

4.2.2.7. **Beispiel für Standardinfusionsplan**
(Originalplan s. Abschnitt 9.1. Anlage 1)

Die häufigsten vorgenommenen Korrekturen:

1. Kohlenhydrate: ausschließlich Glukose
2. Kalorien: Fett als Energieträger, keine Aminosäuren
3. Elektrolytmuster: Nur Na^+, K^+, Cl^- als Standard

Kommentar:

Bei der Auswertung der hinsichtlich des angeführten Beispiels für einen Standardinfusionsplan vorgenommenen Korrekturen, war die Spaltung in Anhänger und Gegner von Glukoseersatzstoffen am auffälligsten. In diesem Punkt scheint es zwei deutlich getrennte Ansichten zu geben.

4.3. Zusammenfassung

4.3.1. Mögliche Einsatzgebiete für Mikroprozessoren im klinischen Betrieb

Die durchgeführte Umfrage bietet eine Fülle von interessanten Teilaspekten. Als mögliche Einsatzgebiete für Mikroprozessoren zeichnen sich anhand der Ergebnisse vier Bereiche ab.

1. Planung (off-line)
Unterstützung bei der Ausarbeitung eines Therapiekonzeptes

2. Überwachung (open loop)
Unterstützung bei der Durchführung der Therapie durch
2.1. Kontrolle der ausgeführten Funktionen unter Integration geeigneter Alarmvorgaben
2.2. lückenlose Dokumentation

3. Steuerung
3.1. Steuerung eines vorgegebenen Zeitprofils einer Infusionspumpe zur Ermöglichung komplexer Applikationsmuster z.B. in Form repetitiver Bolusgaben von i.V.- Hypnotika während der Narkose.
3.2. Steuerung einer Ventileinheit zur Integration eines komplexen Infusionsregimes mit mehreren Infusionspumpen, bei dem die dem Ventil zugeordneten Zuläufe in der zeitlich festgelegten Reihenfolge und Häufigkeit zugeschaltet werden.

4. Regelung
Einsatz im "closed-loop-Verfahren" zur Regelung von Infusionen nach Patientendaten. Dabei können die erforderlichen Regelparameter
4.1. entweder vom Patienten selbst eingegeben werden (z.B. durch Abruf vorgegebener Bolusgaben von Analgetika bei der postoperativen Analgesie, wie im "ODAC"-Verfahren beschrieben) oder
4.2. durch geeignete Meßfühler automatisch abgefragt werden (wie z.B. bei der Regelung der Insulinzufuhr nach Glukosespiegel).

4.3.2. Wichtige Aspekte zur Erstellung eines Einsatzkonzeptes

Aus den Antworten zu den einzelnen Fragen ergeben sich folgende, zur Erstellung eines Konzeptes für den Einsatz von Mikroprozessoren wichtigen Aspekte:

1. Die Obersichtlichkeit der vorhandenen Therapieunterlagen wird allgemein als unzureichend empfunden. Grundsätzlich werden Tischrechner als mögliche Hilfe bei der Planerstellung und Therapiedurchführung angesehen.

2. Hinsichtlich der Interaktionen bei der Therapie ist vieles unklar. Durch Verbesserung der Therapieüberwachung und der Dokumentation sind neue Beiträge zur Grundlagenforschung zu erwarten.

3. Obwohl der Normierung von Infusionsplänen aufgrund der nur bedingt vergleichbaren Intensivsituationen allgemein mit Vorsicht begegnet wird, ist eine Vorgabe von Standardplänen für definierte Krankheitsbilder denkbar, die auf Abruf entsprechenden Situationen zugeordnet und in den Einzelpositionen bestätigt oder abgeändert werden können. Damit wäre eine Arbeitshilfe gegeben, die Entscheidung über die Therapie verbliebe jedoch in jedem Fall beim behandelnden Arzt.
Die durch Rechner vorformulierten Pläne sollten auf 24 h ausgelegt sein. Das Zeitintervall für nötige Kontrollen bzw. umfassende Bilanzierung sollte der Behandler frei wählen können, da hinsichtlich des dazu notwendigen Intervalls keine einheitliche Meinung besteht. Eine geeignete Anzeige sollte dann auf den Ablauf der gewählten Zeit hinweisen.

4. Lückenlose Dokumentation ermöglicht, Abweichungen vom Infusionsplan festzustellen und erforderliche Korrekturen gezielt vorzunehmen.
Änderungen des Plans werden derzeit überwiegend durch handschriftliche Eintragungen vorgenommen. Ein Drucker am System kann durch Ausdruck des korrigierten Plans die Übersichtlichkeit am Bett verbessern.

5. Obwohl teilweise längere Stehzeiten praktiziert werden, sollte aus hygienischen Gründen nach 6 h ein automatischer Hinweis auf die Notwendigkeit zum Wechsel von Infusionslösungen erfolgen.

6. Trotz erkannter Nachteile und Gefahren ist das Zumischen und Zuspritzen von Medikamenten in laufende Infusionen weit verbreitet. Die hierfür genannten Argumente machen deutlich, daß das Problem der Kompatibilität insgesamt schwierig zu lösen ist.
Als Ursache für unzulässige Mischungen wird in den seltensten Fällen die technische Ausstattung angesehen. Vielmehr stellen menschliche Fehler bei der Verordnung bzw. Applikation von Medikamenten hier die größte Fehlerquelle dar.

7. Fertige Mischinfusionen werden überwiegend abgelehnt, weil sie zu teuer sind und zu wenig Flexibilität zulassen. Die Möglichkeit, mit einem rechnergesteuerten Ventil Infusionen individuell zuschneiden und beliebig verändern zu können, würde diesen Argumenten entgegenkommen und dabei die Patientensicherheit verbessern.

8. Der Einsatz von Medikamenten im geschlossenen Regelkreis wird überwiegend positiv beurteilt. Dabei ist bei automatischer Applikation das Problem weniger in der Applikation selbst, als vielmehr in der zuverlässigen Messung geeigneter Parameter für die Steuerung und Regelung zu sehen.

9. Infusionspumpen werden als unveräußerlicher Bestandteil moderner Intensivtherapie angesehen. Insgesamt kommen im Schnitt pro Patient 2 - 4 Geräte zum Einsatz, wobei überwiegend 2 - 4 verschiedene Infusionen gleichzeitig verabreicht werden. Eine mögliche Reduzierung der Gerätezahl würde nicht nur für den Patienten angenehmer sein, sondern auch zur Arbeitserleichterung für das Personal beitragen.
Hinsichtlich der Technik der eingesetzten Infusionspumpen werden zu kleine Dosierungsbereiche und Ungenauigkeiten in niedrigen Förderbereichen als Hauptmängel genannt.
Die Mengenangabe bei Infusionen wird in ml pro Zeiteinheit der mg-Angabe vorgezogen.

10. Die Erweiterung der Narkosegeräte durch eine leistungsstarke Infusionseinheit mit Drucker würde überwiegend begrüßt, jedoch wird auch die Gefahr der Ablenkung dabei gesehen.

11. Der durch die Umfrage erreichte Personenkreis besteht im wesentlichen aus Ärzten in leitenden Stellungen. Möglicherweise würden sich aus Sicht des Pflegepersonals und der Ärzte in untergeordneten Funktionsbereichen teilweise andere Schwerpunkte in der Aussage ergeben.

12. Die Bereiche der Pädiatrie und der Inneren Medizin müßten mit zwei weiteren speziell zugeschnittenen Umfragen gesondert behandelt werden, da sich die Antworten der durchgeführten Aktion überwiegend auf chirurgische und anaesthesiologische Arbeitsbereiche beziehen.

4.4. Diskussion

Aus den Antworten zu den Fragen 4 und 8 geht hervor, daß hinsichtlich der Interaktionen und der Kompatibilität bei komplexen Therapien viele Unklarheiten bestehen und daraus Fehler in der Therapie resultieren. Durch Speicherung bekannter Unverträglichkeiten in einem entsprechend ausgelegten Programm ließen sich zwar vorhandene Erfahrungswerte als Richtlinien nutzbar mache, jedoch Inkompatibilitäten auch nicht mit Sicherheit ausschließen.
Felis [16], der sich mit dem Problem von Arzneimittel-Inkompatibilitäten befaßte, nennt als dabei zu berücksichtigende Informationen:

1. therapeutisches Ziel
2. individuelle Daten des Patienten
3. Mischungsgewohnheiten der Station
4. galenische Grenzwerte der zu mischenden Präparate
5. Veränderungen des galenischen Profils
6. Veränderungen der Pharmakokinetik und Pharmakodynamik

Auch Kompatibilitätslisten schließen seiner Ansicht nach nicht aus, daß das therapeutische Ziel durch zu geringe Werkstoffspiegel infolge unerlaubter Mischungen verfehlt wird.
Inkompatibilitäten lassen sich wohl nur dann mit Sicherheit ausschließen, wenn die Möglichkeit der Mischung von Medikamenten und Infusionslösungen grundsätzlich verhindert wird. Das ließe sich z.B. mit einem Infusionssystem erreichen, bei dem die zu applizierenden Pharmaka seriell nacheinander in Form einer Summe von Einzelboli über ein rechnergesteuertes Ventil in eine Zuleitung verabreicht und dabei die einzelnen Gaben jeweils durch eine neutrale Lösung voneinander getrennt würden. Ein entsprechendes Ventil zur gesteuerten Infusion wäre dabei für bis zu 5 Zuläufen auszulegen, da derzeit überwiegend 2-4 verschiedene Infusionen gleichzeitig vorgenommen werden.
Abgesehen von einer möglicherweise erhöhten Flüssigkeitsbelastung würde ein derartiges System eine Reihe technischer Probleme mit sich bringen, auf die an anderer Stelle noch einmal eingegangen werden soll (Abschn.5).

Hinsichtlich der automatischen Therapie erweckte größtes Interesse die Applikation von Insulin unter fortlaufender Glukosebestimmung.
Mit diesem Problem befaßte sich z.B. Clemens 1979 [11]. Das von ihm vorgestellte System besteht aus:

1. einem schnellen on-line Glukose-Analyse-Gerät
2. Computer für Berechnung und Kontrolle der Infusionen von Insulin/Dextrose
3. Mehrkanal-Infusionsgerät mit peristaltischer Pumpe
4. angeschlossenem Drucker/Plotter für die Dokumentation.

Die Reaktionszeit des Systems wird mit 90 sec angegeben bei einem Blutverlust durch Analyse von 50 ml/24h.

Ebenfalls starkes Interesse fand der Einsatz von Natrium- Nitroprussid gesteuert nach blutiger Druckmessung. Mit diesem Thema haben sich bereits eine ganze Reihe von Autoren befaßt [5,8,21,22, 42-44].
Als Vorteile dieses Verfahrens werden von Jackson et al. [22] genannt:

1. Stationärer Aufenthalt verkürzt
2. Zeitraum hohen Blutdrucks und damit Gefahr möglicher Organschäden verringert, durch schnellere Anpassung
3. Dosis für anschließende orale Therapie genau auffindbar.

An dritter Stelle des Interesses folgt die Applikation von Morphinomimetika auf Abruf durch den Patienten. Diese Applikationsart stellt einen geschlossenen Regelkreis dar, bei dem der Patient als Fühler und Stellglied zugleich fungiert.
Bereits Anfang der 70er Jahre stellte Keeri-Szanto [25] ein Gerät zur Applikation von Analgetika auf Abruf durch den Patienten vor. Dieses System bestand aus einer Spritzenkolbenpumpe und einem Schaltkasten mit 2 Schaltuhren, die auf Knopfdruck des Patienten eingeschaltet wurden. Eine Uhr für Schalterkreis A war von 1-30 sec variabel einstellbar für Aktivierung des Pumpenmotors, die zweite für Kreis B, von 1-30 min einstellbar, blockierte den Schaltkreis A nach Ablauf für die vorgewählte Zeit. Dieses ebenso einfache wie wirkungsvolle Prinzip wurde in den nachfolgenden Jahren von mehreren Autoren aufgegriffen, erprobt und verfeinert [9, 14,24,29,34,48].
Derzeit wird im Handel unter dem Kürzel "ODAC" (on-line- demand-analgesie-computer) eine moderne Version dieses Prinzips von der Firma Janssen angeboten. Bei diesem Gerät werden zusätzlich zu einer bestimmbaren durch den behandelnden Arzt festzulegenden Basis-Infusion auf Abruf durch den Patienten definierte Einzelboli verabreicht, wobei sowohl die Größe der Einzelboli als auch der Abstand zueinander (Sperrzeit) vorgegeben werden können.

Alle genannten Autoren berichten übereinstimmend über die Vorteile einer solchen Applikationsart:
- Arbeitserleichterung für das Pflegepersonal bei gleichzeitig verbesserter Patientenfreundlichkeit
- individuell besser angepaßte Analgesie
- bessere Einsicht in die Pharmako-Kinetik von Schmerzmitteln sowie Möglichkeiten zum Wirkungsvergleich verschiedener Medikamente.

Grundsätzlich werfen alle Regelungen am lebenden Organismus Probleme auf, mit denen sich Müller und Stauch 1977 [31] näher befassen.
So ist das Übertragungsverhalten der individuellen Regelstrecke zunächst unbekannt und während der Dauer der Infusion veränderbar.Daraus ergibt sich die Gefahr, daß durch falsche Parameterwahl des Reglers Regelschwingungen auftreten können, die das Leben des Patienten gefährden. Wählt man die Parameter hingegen zu vorsichtig, sodaß ein Aufschaukeln von Regelschwingungen (Rückkoppelung) auszuschließen ist, wird zugleich die Regelgüte gering.
Müller und Stauch bezeichnen dieses Problem als lösbar, indem der Regler durch Selbstadaptation an das Übertragungsverhalten des Patienten als Regelstrecke angepaßt wird. Die Autoren halten in einem entsprechendes System folgende Alarme bzw. Kontrollen für erforderlich:
1. Betriebsspannungen außerhalb der Toleranzgrenze
2. Ausfall des Meßfühlers
3. Ausfall der Pumpe
4. Grenzwertüberschreitungen des Meßwertes oder der Stellgröße (Dosis/Zeit)
5. Aufbrauchen der Infusionslösung
6. Verdacht auf Regelschwingungen

Müller und Stauch stellen ein neu entwickeltes System vor, das diesen Anforderungen gerecht wird. Es besteht aus einem analogen kontinuierlichen Regler mit Selbstadaption und als Stellglied einer neuentwickelten Infusionspumpe.

Wie die Ergebnisse der Literaturrecherche (Abschn. 3) gezeigt haben, sind die sich ergebenden Einsatzmöglichkeiten für Mikroprozessoren im klinischen Betrieb in mehreren Fällen bereits praktiziert worden. Dabei wurden unterschiedliche Techniken eingesetzt, die auf ihre jeweilige Aufgabe speziell zugeschnitten waren.
Durch die bislang noch nicht vorgenommene Kombination Mikroprozessor/handelsübliche Infusionspumpe lassen sich jedoch mehrere Einsatzgebiete gleichzeitig abdecken.

Zum Leistungsnachweis des zusammengestellten Infusionssystems empfiehlt es sich, die neue Technik zunächst in Verbindung mit einem bekannten und bewährten Einsatzverfahren anzuwenden, um Vergleichsmöglichkeiten zu erhalten.
Am geeignetsten erschien uns hierfür die Steuerung der Applikation von Analgetika auf Abfrage durch den Patienten ("on-line-demand-Analgesie") zur Erstellung eines Prototypen für ein komplexes Infusionsregime, zumal der Problemkreis der Messungen zuverlässiger Regelparameter dabei zunächst außer Acht gelassen werden kann. Das konzipierte Regime wird in Abschnitt 6 vorgestellt.

Aus Ergebnissen zu den Fragen 20,21,23 und 24 lassen sich Erkenntnisse über die Gesamtzahl der bei einer Therapie eingesetzten Pharmaka ableiten.
Campos et al. [9] kamen in ihrer Untersuchung auf eine Summe von 96 verschiedenen Präparaten, davon 17 Infusionen. Dabei wurden nur Medikamente mit einer Häufigkeit über 1% berücksichtigt. Weitere 50 Präparate wurden mit unter 1% Häufigkeit erfaßt.
Unsere Umfrageergebnisse führen zu einer Summe von im Schnitt 20 verschiedenen Infusionslösungen und pro Patienten selten mehr als 20 Medikamenten. Hinsichtlich der Gesamtzahl der Präparate lassen sich aus diesen Ergebnissen jedoch keine Schlüsse ziehen, da das Spektrum der eingesetzten Medikamente über die Gesamtheit der Patienten erheblich weiter gestreut sein kann.
Schon eher lassen sich anhand der Häufigkeitsreihenfolge im Ergebnis zu Frage 23 Schlüsse zu der zu erwartenden Gesamtzahl ziehen. Zu den dort aufgeführten Wirkstoffen wurden anhand der Roten Liste 1983 die entsprechenden Medikamente herausgesucht und mit den wesentlichen Basisinformationen zusammengestellt. Es ergibt sich daraus (auf Injektions- und Infusionstherapie beschränkt) eine Gesamtzahl von rund 200 verschiedenen Präparaten.
Für die Therapie ließen sich diese Informationen listenmäßig erfassen und bei der Eingabe eines Medikamentennamens im Zusammenhang mit einer gesteuerten Infusion jederzeit Basisinformationen über die eingesetzten Medikamente abrufen. Der dazu erforderliche Speicheraufwand bleibt zu untersuchen.
Bei einem solchen Vorgehen sollte jedoch auch nicht verkannt werden, daß ein derartiger Datenspeicher ständig auf dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Forschung gehalten werden müßte, um Therapiefehler infolge veralteter Informationen zu vermeiden.
Auch sind die Informationen aus der Roten Liste als Basisinformationen anzusehen und lassen keineswegs umfassende Aussagen über Interaktionen bzw. Kompatibilitäten zu.

5. MESSUNG PHYSIKALISCH-TECHNISCHER RANDBEDINGUNGEN FÜR EIN NEUARTIGES INFUSIONSSYSTEM MIT KOLBENPUMPE

5.1. Beschreibung des Systems:

Die Leistungscharakteristik der handelsüblichen Infusionspumpen läßt derzeit nicht zu, sowohl über lange Zeiträume hinweg sehr kleine Mengen potenter Pharmaka als auch gleichzeitig größere Volumen von Infusionslösungen mit nur einem Gerät bei ausreichender Genauigkeit vorzunehmen. Das führt dazu, daß in der Praxis meistens mehrere Infusionspumpen gleichzeitig am Patienten eingesetzt werden, um den Anforderungen zu entsprechen. Wie die Ergebnisse unserer Umfrage (Abschn. 4) zeigen, werden dabei in der Mehrzahl der Fälle 2 - 4 Geräte benötigt. Peristaltische Schlauchrollenpumpen sind zwar geeignet, größere Fördermengen mit hinlänglicher Genauigkeit zu erbringen, versagen jedoch zumeist in kleinen Förderbereichen. Spritzenkolbenpumpen erfüllen hingegen die Anforderungen der Genauigkeit bei geringen Fördermengen, ihre Kapazität ist jedoch durch die Größe der Spritzen begrenzt. Auch in den letzten Jahren entwickelte neue Geräte, wie z.B. eine von Strackharn [45] 1977 vorgestellte Hochleistungspumpe, haben an dieser Situation nichts verändert.

Mit einer leistungsmäßig entsprechend ausgelegten Infusionspumpe wäre ein Infusionssystem denkbar, bei dem vom bislang klinisch üblichen Prinzip der "parallelen" Applikation abgewichen und eine "serielle" Applikation vorgenommen werden könnte:

Infusionslösungen und Pharmaka werden nicht über verschiedene venöse Zugänge gleichzeitig infundiert, sondern über einen Zugang nacheinander vorgenommen. Dabei erfolgt die Applikation von potenten Pharmaka "gequantelt". Die erforderliche Kontinuität der Medikation wird durch fraktionierte Bolusgaben erreicht.

Aus einer solchen Anordnung ergeben sich zwei Schwierigkeiten:

1. Nicht kompatible Lösungen treffen im Infusionsschlauch möglicherweise aufeinander mit der Gefahr von Interaktionen.
2. Der Weg vom Bevorratungsbehälter bis zum Patienten muß in einer bestimmten Zeit zurückgelegt werden, um die Therapie zeitgerecht auszuführen.

Diese Komplikationen werden durch folgende Maßnahmen ausgeschaltet:
jedem Medikamenten-Bolus ist eine minimale Infusionsmenge nachgeschaltet, die für die Trennung der verschiedenen Pharmaka sorgt und den Transport einer kleinen Substanzmenge über den Totraum der Zuleitung hinweg erlaubt. Dabei wäre zur möglichst schnellen Überwindung des Totraums von Vorteil, Leitungen mit einem möglichst geringen Querschnitt und eine Infusionspumpe zu verwenden, die sowohl kleinste Fördermengen mit großer Genauigkeit (für potente Pharmaka), als auch möglichst große Fördermengen (für nachgeschaltete "Spüllösungen") bewältigen kann.

In der Zeit, die für die Applikation eines potenten Pharmakons benötigt wird, ist das System gegen eine Programmänderung "refraktär".
2 parallele Schläuche als Alternative sind ebenso vorstellbar.

Der Fall, daß sich unerlaubt hohe Mengen an Pharmaka in der Infusionsleitung kummulieren, ist durch die beschriebene Steuerung ausgeschlossen.
Die Infusionsrate der volumenwirksamen Lösungen kann zu jeder Zeit gesteigert werden, ohne zur Überdosierung von Medikamenten zu führen, was bei der z.Zt. oft üblichen Praxis des Mischens von Infusionslösungen und Medikamenten im Vorratsbehälter nicht möglich ist. Die Koppelung von Infusionslösung und Pharmaka bezieht sich im beschriebenen System nur auf die Sicherstellung einer minimalen Infusionsrate, die für den Transport der Medikamente erforderlich ist. Ansonsten können die Förderungen unabhängig voneinander der erforderlichen Therapie angepaßt werden.
Da es z. Zt. keine handelsübliche Infusionspumpe für den klinischen Einsatz gibt, die den genannten Anforderungen gerecht wird, wurde zur Durchführung von Meßversuchen eine Laborpumpe der Firma Hamilton Bonaduz AG, Schweiz eingesetzt. Dabei handelt es sich um einen programmierbaren Dilutor/Dispensor mit der Bezeichnung "Micro LAB M", eine Kolbenpumpe, die sowohl kleinste Dosierungen vornehmen, als auch hohe Durchflußleistungen durch Mehrfachbewegungen des Kolbens erzielen kann. Sowohl die Geschwindigkeit des Kolbenhubs (15 Stufen wählbar), als auch die Größe der eingesetzten Glaskolbenspritze sind veränderbar.

5.2. Versuchsbeschreibung und Versuchsaufbau

5.2.1. Fragestellungen

Im einzelnen interessierten folgende Fragestellungen:

1. Kann eine leistungsfähige Pumpe sowohl größere Fördermengen bewältigen, als auch kleine Dosierungen mit ausreichender Genauigkeit durchführen?
2. Wäre der Einsatz eines langen Infusionsschlauches möglich, um einen größeren Abstand zwischen Gerät und Patient zu erreichen?
3. Ist die Verwendung eines dünneren Schlauches aus einem weniger elastischen Material möglich, um die zu überwindenden Toträume kleiner halten zu können und dadurch "näher" an den Patienten heranzukommen?
4. Sind die erzielten Ergebnisse auch bei Einsatz von Plastik-Einmalartikeln annähernd zu erreichen?

5.2.2. Versuchsaufbau

Die ausgewählten Infusionslösungen wurden mit einem Standardinfusionsbesteck über eine 0,75 m lange Zuleitung an die Pumpe herangeführt.
Als Ableitung werden jeweils 4,5 m lange Infusionsschläuche zweier unterschiedlicher Stärken eingesetzt:
1. Standardinfusionsschlauch, Typ "Heidelberger Verlängerung", Hersteller B. Braun Melsungen A.G., Durchmesser innen/außen 3/4 mm.
2. Infusionsschlauch aus Hartplastik, Typ "Lectro Cath", Durchmesser 1/2 mm, Hersteller Vygon, Frankreich.

Die geförderten Mengen wurden in einem geeichten Glaszylinder aufgefangen und gemessen. Vor Meßbeginn wurden die Toträume aufgefüllt.
Fördervolumen und Anzahl der Kolbenbewegungen sind den Meßtabellen zu entnehmen (Abschnitt 9.2.)
Die Messungen wurden bei Raumtemperatur durchgeführt. Die Zeitnahme erfolgte per Hand, was geringe Abweichungen in der Meßzeit erklärt.

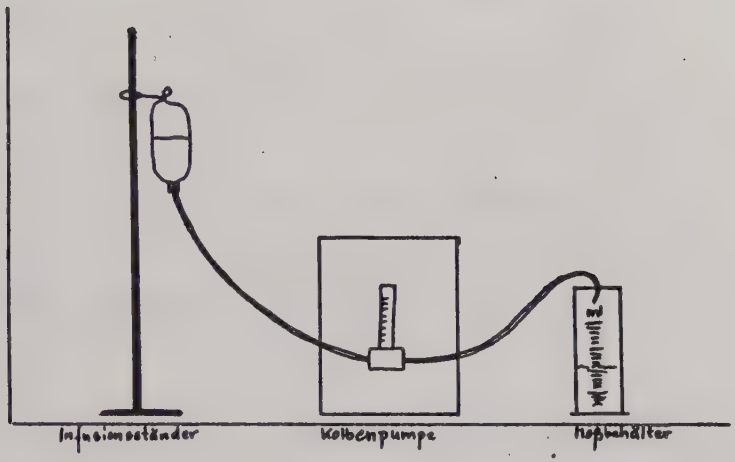

Abbildung 1: Schemazeichnung Versuchsaufbau

5.3. Versuchsdurchführung

Zunächst wurden die Toträume der verwandten Schläuche bestimmt. Dann wurden zur Ermittlung der möglichen Förderleistungen folgende Meßreihen durchgeführt, wobei die Geschwindigkeit der Kolbenbewegung durch 15 wählbare relative Stufen eingegeben werden konnte.

5.3.1. Standardschlauch; 4,5 m Länge
Kochsalzlösung 0,9%
Glaskolbenspritzen: 1,0 ml; 2,5 ml; 5 ml; 10 ml
Kunststoff-Einmalspritze: 10 ml (Braun Melsungen)
Bestimmung der maximalen Förderleistung.

5.3.2. Hartplastikschlauch, dünn; 4,5 m Länge
Kochsalzlösung
Bestimmung von Maxima und Minima
Glaskolbenspritzen 1 ml; 2,5 ml; 5 ml
Kunststoffspritze 1,0 ml (Insulinspritze)
Bestimmung der Genauigkeit im kleinen Förderbereich
und der maximal möglichen Fördermenge.

5.3.3. Hartplastikschlauch, dünn; 4,5 ml Länge
Humanalbumin
Glaskolbenspritzen 5 ml; 2,5 ml; 1 ml
Kunststoffspritze 1 ml (Insulinspritze)
Bestimmung von Maxima und Genauigkeit in kleinen Förderbereichen.

5.3.4. Hartplastikschlauch, dünn; 4,5 ml Länge
Lipofundin S 10%
Glaskolbenspritze 5 ml; 2,5 ml; 1 ml
Kunststoffspritze 1 ml (Insulinspritze)
Bestimmung von Maxima und Genauigkeit in kleinen Förderbereichen.

5.3.5. **Zusammenstellung der Meßergebnisse**

Toträume:
Standardschlauch 4,5 m; 32 ml Totraum = 7,1 ml/m
Dünner Schlauch 4,5 m; 4,5 ml Totraum = 1 ml/m

Meßreihe 1 (Standardschlauch, NaCl-Lösung)

Kolbenspritze	Glas 1 ml;	2,5 ml;	5 ml;	10 ml;	Plastik 10 ml
max. Leistung ml/h	590	900	1304	2704	3383

Meßreihe 2 (dünner Schlauch, NaCl-Lösung)

Kolbenspritze	Glas 1 ml;	2,5 ml;	5 ml;	Plastik 1 ml
max.Leistung ml/h	595	1500	2182	nicht bestimmt
Abweichung bei 10% Fördervolumen	+ 0,5%	+ 1%	+ 0	- 1,2%
Abweichung bei 5%Fördervolumen	- 2%	+ o,5%	- 0,5%	- 0,5%
Abweichung bei 2% Fördervolumen	- 5%	nicht bestimmt	n.b.	n.b.
Abweichung bei 1% Fördervolumen	- 10%	n.b.	n.b.	n.b.

Meßreihe 3 (dünner Schlauch, Humanalbumin)

Kolbenspritze	Glas 1 ml;	2,5 ml;	5 ml;	Plastik 1 ml
max.Leistung (ml/h)	600	1500	1286	606
Abweichung bei 10% Fördervol.	+0,5%	+0,5%	-1,6%	-0,5%
Abweichung bei 5% Fördervol.	+1%	+1%	-1,6%	-0,5%

Meßreihe 4 (dünner Schlauch, Lipofundin S 10%)

Kolbenspritze	Glas 1 ml;	2,5 ml;	5 ml;	Plastik 1ml
max. Leist. (ml/h)	600	1475	1818	591
Abweichung bei 10% Fördervol.	+0,6%	+1%	+1%	+1%
Abweichung bei 5% Fördervol.	+0,4%	+1,5%	+2%	+2,2%

5.5.4. Zusammenfassung und Diskussion

Als technisch-physikalische Randbedingungen zur Entwicklung eines leistungsstarken Infusionsgerätes wurden die Leistungsgrenzen einer programmierbaren Labor-Kolbenpumpe untersucht. Dabei wurden insbesondere folgende Fragestellungen zugrundegelegt:

1. Kann eine leistungsfähige Pumpe sowohl größere Fördermengen bewältigen, als auch kleine Dosierungen mit ausreichender Genauigkeit durchführen?
2. Wäre der Einsatz eines langen Infusionsschlauches möglich, um einen größeren Abstand Gerät/Patient zu erreichen?
3. Ist die Verwendung eines dünnen Schlauches möglich, um die zu überwindenden Toträume klein zu halten?
4. Wie wirkt sich die unterschiedliche Viscosität der Infusionen aus?
5. Sind die erzielten Ergebnisse auch bei Verwendung von Einmalartikeln annähernd zu erreichen?

Aus den durchgeführten Messungen ergaben sich folgende Erkenntnisse:

1. Die Meßergebnisse bestätigen im wesentlichen die Angaben des Herstellers bezüglich der Genauigkeit von Förderungen. Die Herstellerangaben lauten auf besser 0,5% Abweichung bei 10% der Spritzenkapazität und besser 1% bei 5% der Spritzenkapazität.
2. Bei entsprechender Ansteuerung durch einen Mikroprozessor lassen sich durch beliebige Einstellung der Kolbengeschwindigkeit die im Versuch erreichten Minimaldosierungen beliebig herabsetzen.
3. Die erreichten Maximalleistungen bewegen sich in Abhängigkeit von Art der geförderten Lösung (Viskosität), Größe der eingesetzten Kolbenspritze und Schlauchdicke zwischen rund 0,6 l/h und 3 l/h. Die Grenzen wurden dabei durch im Ansaugschlauch entstehendes Vakuum bei hoher Kolbengeschwindigkeit bzw. automatischer Abschaltung der Pumpe bei zu hohen Pumpendrücken im Ventil bestimmt.
4. Der Einsatz einer ähnlichen Pumpe als Allround-Gerät für große und kleine Infusionsmengen erscheint auch mit Einmalartikeln möglich. Anzustreben sollte dabei die Entwicklung einer Spritzengröße um 2,5 ml sein, da in dieser Grössenordnung brauchbare Maximalleistungen von etwa 1,5 l/h ebenso erreicht werden können, wie genaue Abgabe kleinster Dosierungen.

Im Vergleich die Leistungen einiger handelsüblicher Infusionspumpen nach Herstellerangaben:

Infusomat CC:
Förderleistung 1 - 999 ml/h,
Genauigkeit abhängig vom Druck vor und hinter der Pumpe,
(Die Pumpe reagiert besonders auf Unterdruck in der Zuleitung).

Perfusor Secura:
Förderleistung 1 - 99,9 ml/h,
Genauigkeit des Pumpenantriebs +/- 1,5 %

Dropmat:
Förderleistung 1 - 99 Tropfen/min,
Genauigkeit (Tropfengröße) abhängig von Viskosität der Infusionslösung und Infusionsgeschwindigkeit.

5. Die von uns gewählte Schlauchlänge von 4,5 m macht deutlich, daß ein solches Infusionssystem durchaus auch in größerer Entfernung vom Patienten aufgestellt werden könnte. Dabei sollte jedoch ein dünner Schlauch gewählt werden, da zur Überwindung des Totraumes beim Infusionsschlauch Typ Heidelberger Verlängerung (Hersteller B. Braun Melsungen) von immerhin 7,1 ml/m nach Gabe potenter Pharmaka als Bolus größere Mengen Flüssigkeit verabreicht werden müßten. Das könnte zu einer unerwünschten Flüssigkeitsbelastung des Patienten führen.

6. Die Möglichkeit der Entwicklung eines Einmalventils und die Probleme der Zuleitung bis an das Ventil heran bleiben zu untersuchen.

7. Die Labor-Kolbenpumpe übertrifft die maximale Leistung des Infusomaten und erreicht die Genauigkeit des Perfusors, auch mit Einmalartikeln.

6. ÜBERPRÜFUNG EINIGER HANDELSÜBLICHER INFUSIONSPUMPEN AUF TAUGLICHKEIT ZUR EXTERNEN ANSTEUERUNG DURCH MIKROPROZESSOREN

6.1. Betriebssicherheit (Plausibilitätsprüfung)

Die Steuerung oder Regelung einer Infusionspumpe durch einen externen Computer wirft folgende Sicherheitsprobleme auf:
1. Sicherstellung der korrekten Ausführung der vom Computer vorgegebenen Förder- und Stop-Befehle.
2. Diagnose von Störungen eines der beteiligten Geräte
3. sofortige Reaktion im Störfall in Form von Herstellen eines für den Patienten unkritischen Zustands und Alarmgabe bzw. Abschaltung.

Bei der Beurteilung der Betriebssicherheit ist außerdem zu berücksichtigen, daß die Infusionen von Personal angelegt werden, das unter Zeitdruck und hoher Belastung arbeitet und keine spezielle technische Ausbildung an Rechnern erfahren hat. Die Bedienung der Infusionseinheit soll daher folgenden Kriterien genügen:
1. Verhinderung der Möglichkeit einer Fehlbedienung
2. Übersichtlichkeit und Transparenz der Funktion
3. einfache Handhabung, in Anlehnung an die bisher übliche Einstellung im Handbetrieb. Der derzeitige Stand der Pumpen-Technologie wird nachfolgend tabellarisch dargestellt.

6.2. Übersicht über den Stand der Pumpen-Technologie der untersuchten Infusionspumpen (Stand: 26.1.83)

Kriterien/Eigenschaften	INFUSOMAT	PERFUSOR	DROPMAT
Anzeige der Rate im Computer-Betrieb an der Pumpe:	+	-	+
Meldungen an Computer:			
Alarme, Start, Rate bei C.-Betrieb:	+	+	+
Stop bei C.-Betrieb:	+	-	+
Alarme bei Handbetrieb:	+	(+)	+
Rate, Start/Stop bei Handbetrieb:	-	(+)	+
Alarm-Stop bei Ziehen des V-24-Steckers:	-	+	-
Batteriebetrieb:	+	-	+
Wechsel von Handbetrieb auf C.-Betrieb und umgekehrt möglich:	+	-	+
Wechsel C.-kontrollierbar:	-	-	(+)

6.3. Änderungsvorschläge (Stand: 26.1.83)

Folgende Forderungen zur Verbesserung der Betriebssicherheit sollten vor einem Einsatz der Pumpen mit Computersteuerung am Patienten erfüllt sein.

Bei PERFUSOR:
Display mit Ratenanzeige für Computerbetrieb oder vollständiger Ausschluß von Hand- und Computer-Betrieb gleichzeitig. Bei Display Alternativen Hand / Computer-Betrieb ermöglichen.
Alle Pumpen:
Computerbetrieb nur aufrechterhalten bei periodischer Meldung des Computers an die Pumpen (Sicherheitsabschaltung, wenn Meldung ausbleibt).

Außerdem sollten folgende Verbesserungen vorgenommen werden:
1. Status-Kommando (bisher: eingestellte Rate)
zusätzlich: letzte Alarmmeldung
zusätzlich: Aufrufbarkeit während Aktiv-Betrieb
2. Möglichkeit schaffen zur Vorgabe einer Fördermenge im Computer-Betrieb
3. Ausgabe der Start/Stop-Meldungen, Alarme, Raten-Meldungen über die Schnittstelle auch im Handbetrieb.

6.3.1. Erläuterung der Änderungsvorschläge

Im folgenden wird erläutert, was bei Weiterentwicklung der Pumpen für den Computerbetrieb berücksichtigt werden sollte.

Sicherstellung der korrekten Ausführung der vom Computer vorgegebenen Förder- und Stop-Befehle

Wenn bei Infusionspumpen im Computerbetrieb nur die Förderrate vorgegeben werden kann und keine Vorgabe oder Rückmeldung von Fördermengen möglich ist, obliegt dem Computer die Mengen-Steuerung durch zeitlich exaktes An- und Abschalten der Pumpe. Es muß daher sichergestellt werden, daß bei Unterbrechung der (logistischen) Verbindung dies von allen Geräten erkannt wird, die Pumpen in einen für den Patienten unkritischen Zustand gehen und ein Alarm ausgelöst wird. Eine derartige Unterbrechung beinhaltet viele Störfälle, z.B. unzulässige Eingaben an der Pumpe, mechanische Störungen, Unterbrechung der Verbindungsleitung, Ausschalten oder Netzausfall eines Gerätes, Fehlfunktion des Programmes im Computer, Fehlfunktion der Schnittstellen-Bedienung in der Pumpe.
Alle diese Störungen hätten zwangsläufig zur Folge, daß eine "Handshake-Prozedur" (periodische Rückmeldung und Bestätigung zwischen Pumpe und Computer) unterbrochen würde und eine noch funktionsfähige Einheit eine Warnung geben kann..
Wenn für Computerbetrieb auch die Einstellung einer Fördermenge möglich wird (beim INFUSOMAT im Handbetrieb möglich) dann erhöht sich die Betriebssicherheit des Gesamtsystems durch Delegieren der Mengen und Zeit- Überwachung an die Pumpe vor Ort.

Für eine computergesteuerte Infusions-Anlage, die z.B. aus mehreren Pumpen und einem im Hintergrund stehenden Computer aufgebaut ist, wäre es gut, wenn die Pumpen dem Computer auch im Handbetrieb die Start-, Stop-, und Fördermengenmeldungen senden würden (siehe DROPMAT).
Dadurch wird die Dokumentation der Infusionsmengen durch den Computer erleichtert und eine flexible und bedienungsfreundliche Struktur technisch möglich, mit Computer- Steuerung und Korrekturmöglichkeit per Handeingabe an einer Pumpe.

Diagnose von Störungen eines der beteiligten Geräte

Die Infusionspumpen erkennen einige gefährliche Betriebszustände wie z.B. Luft in der Leitung, Ende der Infusionsflüssigkeit, unzulässiger Druckanstieg in der Leitung zum Patienten, selbst, reagieren mit Abschaltung und/oder Alarm und teilen dies (z.T. mit Alarm-Spezifikation) dem Computer mit.
Eine Störung im Computer kann in vielen Fällen durch eine dem Computer nachgeschaltete Alarm-Einheit oder durch die Mikroprozessoren der Pumpen selbst erkannt werden, wenn eine Handshake-Strategie (periodische Rückmeldung Pumpe/Computer und umgekehrt) zugrundegelegt wird.
Der Computerbetrieb von Infusionspumpen wirft jedoch grundsätzlich zusätzliche Sicherheitsprobleme auf, die in ihrer Relevanz nur in enger Zusammenarbeit mit dem Kliniker im klinischen Betrieb eingegrenzt werden können.

Reaktion im Störfall

Über den (selbstverständlichen) Alarm hinaus muß die erste Reaktion im Störfall darin bestehen, einen für den Patienten unkritischen Zustand herzustellen.
Das heißt im allgemeinen, daß alle Pumpen eines Regimes in einem solchen Fall die Infusion stoppen oder auf "keep-open"-Betrieb zurückschalten müssen.
Der Computer kann in vielen Fällen bei der Analyse oder Protokollierung auch entbehrlich sein, d.h. die Pumpen müssen auch im Handbetrieb sofort wieder gestartet werden können.
Gefährliche Zustände können z.B. eintreten, wenn nach einem Computer-Fehler die Pumpen nicht gestoppt werden und zulange infundieren. Dies läßt sich durch eine "Handshake-Strategie" vermeiden.

Vermeidung der Möglichkeit einer Fehlbedienung

Hierzu können beitragen:
Eindeutige Beurteilung des Betriebszustands muß möglich sein.
Eingabe in med. relevanten Einheiten (mg/kg KG).
Grobe med. Plausibilitäts-Prüfungen der Eingaben durch Vergleich mit vorgegebenen Grenzwerten (z.B. Maximaldosierungen).

Transparenz der Funktion am Patienten-Bett

Für die klinische Routine ist es eine unabdingbare Forderung, daß die Funktion einer Pumpe vor Ort auf einen Blick erfaßt und beurteilt werden kann. Dazu muß die augenblicklich eingestellte Förderrate auch im Computerbetrieb an der Pumpe selbst auf einem gut ablesbaren Display angezeigt werden.

Einfache Handhabung

Die Bedienung eines computergesteuerten Infusionsregimes soll die Komplexität nicht unnötig erhöhen. Deshalb sollten angestrebt werden:
Anlehnung an den Handbetrieb
Bereitstellung nützlicher, relevanter, überschaubarer Informationen (keine überflüssigen Daten)
Hilfe bei der Dokumentation (z.B. Ausdruck übersichtlicher Formulare).

6.4. Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

Alle drei Infusionspumpen sind Prototypen von Hand-Betriebs-Pumpen, die mit einer Schnittstelle zur Ansteuerung durch einen Computer ausgestattet sind. Die für den Handbetrieb gültigen Genauigkeiten laut Herstellerangabe werden auch im Computerbetrieb eingehalten.
Die Entwicklung der Schnittstellenprogramme ist von Seiten des Herstellers noch nicht abgeschlossen.
Die Pumpen sind mit einem internen Mikroprozessor ausgestattet, kontrollieren ihre Funktion durch interne Plausibilitätsprüfungen selbst, erkennen gefährliche Zustände wie z.B. Luft in der Leitung, Ende der Infusionsflüssigkeit, zu hoher Druck in der Leitung zum Patienten, und reagieren mit Alarm bzw. Abschaltung.
Diese autonomen Funktionen werden durch Computer-Ansteuerung nicht beeinträchtigt.
Alle 3 Pumpen sind leicht zu handhaben und für Einmal-Artikel ausgelegt. Bei vielen klinischen Anwendungen reicht das Leistungsspektrum einer Pumpe jedoch nicht aus, um einen Patienten voll zu versorgen, es wird ein Regime von mindestens 2 Pumpen (evtl. plus Ventilblock) erforderlich.

6.5 Rahmenprogramme

Für die 3 Infusionspumpen wurden Rahmenprogramme entwickelt, die eine einfache Handhabung in Anlehnung an die gebräuchliche Hand-Einstellung ermöglichen und zusätzliche Informationen zur Verfügung stellen wie aktuelle Zeit, Beginn der Applikation, Speicherung des applizierten Volumens über einen größeren Zeitraum (z.B. 24h) auch bei Flaschen- bzw. Spritzen-Wechsel, Zeitpunkt der letzten Unterbrechung (regulärer Stop oder Alarm).
Um die Übersicht zu optimieren, wird auf dem Bildschirm eine Graphik projeziert, die dem Anwender die Frontplatte einer Infusionspumpe simuliert. Durch Modifikation dieses Displays kann eine übersichtliche Anordnung der Bedienelemente für verschiedene Einsatzfälle entwickelt werden.

7. LABORPROTOTYP EINES PROZESSORGESTEUERTEN INFUSIONSREGIMES FÜR DEN EINSATZ BEI POSTOPERATIVER "ON DEMAND" ANALGESIE

7.1. Kurzbeschreibung des Systems

Durch den Anschluß einer mit V24-Schnittstelle ausgestatteten Infusionspumpe (Perfusor secura, B.Braun Melsungen) an einen Mikroprozessor (Commodore CBM 8032) wurde ein Infusionsregime erstellt, das bei geeigneter Programmierung die Aufgaben der postoperativen Analgesie unter Mitarbeit des Patienten wahrnehmen kann (siehe Zeichnung 7.1.2.).
Dieses Infusionsregime soll nach erfolgreicher Testung im Labor zur Klinikreife gebracht und als Beispiel für die Möglichkeiten eines Infusionsregimes bei Steuerung durch einen Rechner eingesetzt werden.
Das entwickelte Rahmenprogramm zur Steuerung der Pumpe soll, in Anlehnung an gebräuchliche Hand-Einstellung, zusätzliche Informationen zur Verfügung stellen (Zeit, Beginn der Applikation, Speicherung des appl. Volumens über einen größeren Zeitraum auch bei Spritzenwechsel, Unterbrechungen).
Auf dem Bildschirm des Systems wird eine Grafik projeziert, die dem Anwender die Frontplatte einer Infusionspumpe schematisch darstellt.
Außerdem sind ein Datenspeicher, Drucker und Eingabetastatur angeschlossen.
Die Funktion des Tischrechners soll nach erfolgreicher Testung der Programme von einem Coprozessor in einem kleinen Gehäuse übernommen werden (Zusatzgerät).

7.1.1. Einstellmöglichkeiten des Programmes

1. Förderrate in ml/h von 99,9 ml/h bis 0,01 ml/h bei Verwendung einer Original-Perfusor-50 ml-Spritze.
2. Spritzenvolumen
3. Gewünschte Infusionsdauer in min.
4. Errechnen von Laufzeiten, Anzeige des erforderlichen Spritzenwechsels
5. Größe und Anzahl von Einzelbolusgaben
6. Einstellung von Dosierungen in mg/min, mg/h, mg/h/kg Körpergewicht kann auch auf Zeit bezogen ermöglicht werden.
7. Vorgabe von Maximaldosierungen/Höchstraten möglich.

7.1.2. Aufbauzeichnung des zusammengesetzten Infusionsregimes

7.1.3. Kontrolle/Betriebssicherheit

Zur Überwachung der laufenden Infusion sind folgende Werte gespeichert und zur Darstellung auf dem Bildschirm abrufbar:

1. Applizierte Volumen seit Beginn eines Therapieabschnittes
2. Zeitpunkt des Beginns des derzeitigen Therapieabschnittes
3. Aktuelle Zeit
4. Zeitpunkt des letzten Spritzenwechsels
5. Laufzeitende errechnet
6. Gesamtdosis (Summation)
7. Infusionsrate gemittelt seit Therapiebeginn
8. Max. zulässige Laufzeit kann berücksichtigt werden.

7.1.4. Dokumentation

Der angeschlossene Drucker ermöglicht den Ausdruck eines Therapieplanes sowie eines Standardprotokolls für ein Medikament.
Im Datenspeicher können Basisinformationen über eine Reihe von Standardmedikamenten gespeichert und bei Bedarf abgerufen werden.

7.2. Meßreihen und Ergebnisse

Zur Überprüfung der Genauigkeit abgegebener Einzelboli wurden Meßreihen durchgeführt, bei denen jeweils eine Summe von Einzelboli mit unterschiedlichen Infusionsgeschwindigkeiten verabreicht wurden. Die Gesamtmenge wurde anhand der Skala der in die Pumpe eingespannten 50 ml-Perfusor-Spritze abgelesen.
Im einzelnen wurden folgende Meßreihen durchgeführt:

1. 100 Einzelboli zu je 0,1 ml mit 99 ml/h
   Abweichung: -4,6 ml entsprechend -46%
2. 100 Einzelboli zu je 0,1 ml mit 30 ml/h
   Abweichung: -1,2 ml entsprechend -12%
3. 500 Einzelboli zu je 0,1 ml mit 30 ml/h
   Abweichung: -5,4 ml entsprechend -11%
4. 100 Einzelboli zu je 0,5 ml mit 99 ml/h
   Abweichung: -4 ml entsprechend -8%
5. 100 Einzelboli zu je 0,5 ml mit 60 ml/h
   Abweichung: -0,5 ml entsprechend -1%

6. 100 Einzelboli zu je 0,5 ml mit 60 ml/h
   Abweichung: -2 ml entsprechend -4%
7. 100 Einzelboli zu je 0,5 ml mit 30 ml/h
   Abweichung: -1 ml entsprechend -2%
8. 50 Einzelboli zu je 1,0 ml mit 99 ml/h
   Abweichung: -1,5 ml entsprechend -3%
9. 50 Einzelboli zu je 1,0 ml mit 60 ml/h
   Abweichung: -0,8 ml entsprechend -1,6%

7.3. Diskussion:

Die festgestellten Abweichungen sind im wesentlichen auf eine systembedingte Totzeit zurückzuführen, die durch den Verzug zwischen Startbefehl Rechner und tatsächlichem Förderbeginn entsteht.
Da z. Zt. noch keine Rückmeldung von der Pumpe an den Rechner über den tatsächlichen Zeitpunkt des Startbeginns erfolgt, nimmt dieser als Startzeit die Rückmeldung über den Eingang des Startbefehls an.
Es ist möglich, eine Korrekturzeit für diese Pumpe zu berechnen, jedoch bleibt offen, ob diese Zeit für alle baugleichen Pumpen gleich ist, oder für jedes Gerät neu berechnet werden muß.
Die erforderliche Korrektur läßt sich wie folgt bestimmen:

$$t_{Verzug} = \frac{-\ V\ (ml) \times 3600\ (sec/h)}{N_{Boli} \times Rate\ (ml/h)}$$

Für die durchgeführten Versuche errechneten wir eine durchschnittliche Verzugszeit von - 1,27 sec. Eine entsprechende Korrektur muß vor dem klinischen Einsatz des Systems noch erfolgen.

8. Ausblick auf weitere Entwicklung

Bei dem in Abschnitt 6 beschriebenen Infusionssystem handelt es sich um einen Laborprototypen, der in dieser Form für den klinischen Einsatz nicht geeignet ist.
Hierzu ist vorgesehen, die Elektronik in einem kompakten Gehäuse zusammenzufassen und über eine abgeschirmte Datenleitung mit der Pumpe zu verbinden, an der noch eine kleine Eingabetastatur angebracht werden soll. Entsprechende Schritte dazu sind eingeleitet worden.
Zu einem späteren Zeitpunkt sollte es möglich sein, die gesamte Steuerelektronik in Form eines Einschubes in ein entsprechendes Infusionsgerät zu integrieren.
Vor einem klinischen Einsatz sind in das Steuerprogramm noch einzuarbeiten:
1. Variable Zeitsperre zur Trennung zweier Einzelboli (Refraktärzeit)
2. Sicherheitsschaltung zur Vermeidung unkontrollierten Abrufs durch den Patienten (z.B. zweimalige Abfrage innerhalb 1 sec als Voraussetzung zur Freigabe eines Bolus).

Außerdem ist vorgesehen, auch für andere Infusionsgeräte (Infusomat CC, Multimat, Dropmat) durch Mikroprozessor gesteuerte Einsätze durchzuführen und nach Sammlung entsprechender Erfahrungen ein Infusionssystem wie in Abschnitt 5 beschrieben zusammenzustellen und zu erproben. Dabei soll zunächst die neue Technik mit bekannten Einsatzverfahren (wie z.B. ODAC) erprobt werden, bevor danach neue Einsatzgebiete aufgezeigt werden können.

9. ANHANG

9.1. Der Fragebogen

Fragen zur Erstellung und Überwachung von Infusionsplänen

1. Bei der Berechnung der individuellen Dosierung für Infusionen und Medikamente muß umfangreiches medizinisches "Know how" Berücksichtigung finden. Wie beurteilen Sie die verfügbaren Arbeitshilfen in Form von übersichtlichen Tabellen bzw. zuverlässigen Berechnungsformeln.

	ausreichend	unzureichend
- für die Dosierung von Medikamenten	(...)	(...)
- für die Berechnung der Infusionen	(...)	(...)
- es existieren zwar im einzelnen Unterlagen, es fehlt aber eine handliche Zusammenstellung	(...)	(...)

2. Ist es für Sie vorstellbar, daß Ihnen ein entsprechend programmierter Tischrechner bei der Erstellung der Therapiepläne eine Hilfe sein könnte?

- in Bezug auf eine bilanzierte Ernährung (...)
- bei der Pharmakotherapie (...)

3. Bei der Erstellung des Infusionsplanes steht der verordnende Arzt vor dem Problem, medizinische Anforderung mit der praktischen Realisierbarkeit in Einklang zu bringen.

- es bedarf erheblicher Anstrengungen, um das Problem zur vollen Zufriedenheit zu lösen. (...)
- eine Verbesserung der Hilfsmittel wäre wünschenswert
  für die angebotenen Infusionslösungen (...)
  für die verfügbaren Infusionsgeräte (...)
- die personelle Besetzung der Intensivstation stellt bei uns den eigentlichen Engpaß dar (...)

4. In welchem Bereich läßt die medizinische Grundlagenforschung für den klinischen Alltag Fragen offen ?

- bei der vollständigen parenteralen Ernährung (...)
- bei der optimalen Anwendung von intravenösen Medikamenten (...)
- vor allem ist unser Wissen über die Interaktionen bei komplexen Therapieplänen sehr lückenhaft (...)
- es gibt nur wenige unklare Punkte (...)

5. Richtet sich die Infusionstherapie bei Ihnen grundsätzlich nach festen Schemata, bei denen definierten Krankheitsbildern Standardinfusionspläne zugrunde gelegt werden?(siehe z.B. Anlage1)

Ja (...) nein (...) unterschiedlich (...)

- dadurch wird die Therapie auf der Station überschaubarer (...)
- es erspart eine Menge Schreibarbeit (...)
- die strenge Einhaltung von Richtlinien erlaubt eine Überprüfung des eigenen Therapiekonzeptes (...)
- bei Verwendung normierter Infusionspläne macht auch ein weniger erfahrener Arzt keine Fehler (...)
- auch beim Pflegepersonal wird die Fehlerquote dadurch deutlich gesenkt (...)
- die Normierung individueller Krankheitsverläufe bedeutet eine grobe Simplifizierung und führt zu Fehlentscheidungen (...)
- die Therapiepläne werden grundsätzlich für jeden Patienten erarbeitet; sie sind untereinander kaum vergleichbar (...)
- es muß von Fall zu Fall unterschieden werden; in (...) von 10 Fällen ist eine Individualtherapie durchzuführen, die übrigen Patienten werden nach einem Standardschema versorgt.

6. Bei der Erstellung des Infusionsplanes wird die Therapie grundsätzlich für einen Zeitraum von 6 (...); 8 (...); 12 (...); 24 (...) Stunden im voraus festgelegt. Eine regelmäßige Kontrolle und eventuelle Korrektur für Medikamente und Teile der Infusionstherapie (z.B. Elektrolyte) muß in einem Rhythmus von (...) Stunden vorgenommen werden.

7. Gelegentliche Therapiefehler in Form von Überschreitung höchst zulässiger Konzentrationen oder Gesamtmengen sind zurückzuführen auf:

	nicht	selten	häufiger
- fehlerhafte Erstellung des Planes (Arzt)	(...)	(...)	(...)
- Störung an der Infusionspumpe (Gerät)	(...)	(...)	(...)
- fehlerhafte Ausführung des Infusionsplanes durch das Pflegepersonal	(...)	(...)	(...)

8. Unzulässige Mischungen von Medikamenten und Infusionslösungen werden verursacht durch:

	nicht	selten	häufiger
- Kompatibilität vom Arzt nicht berücksichtigt	(...)	(...)	(...)
- unkorrekte Applikation durch das Pflegepersonal	(...)	(...)	(...)
- unzureichende technische Ausstattung	(...)	(...)	(...)

9. Die Notwendigkeit, gleichzeitig diagnostische und pflegerische Maßnahmen durchzuführen (z.B. Verlegung zur Computertomographie), zwingt gelegentlich zur Unterbrechung laufender Infusionen. Um den vorgegebenen Infusionsplan dennoch einzuhalten, werden durch zeitweilige Erhöhung der Infusionsraten die unter 5 und 6 angeführten Therapiefehler verursacht.

- das kommt nicht vor (...); das dürfte sehr selten sein (...)
- das passiert wahrscheinlich viel häufiger, als es der verordnende Arzt ahnt (...).

10. Nach vorübergehenden Unterbrechungen von Infusionen (30 bis 90 Minuten)
- wird grundsätzlich ein neuer Infusionsplan erstellt (...)
- wird der vorherige Infusionsplan handschriftlich abgeändert(...)
- wird der Infusionsplan ohne Änderung wieder aufgenommem (...)

Fragen zur Dokumentation der Infusionstherapie

11. Wird der Therapieplan alle 24 Stunden mit dem Schichtwechsel neu geschrieben ?
- auch bei kleinen Veränderungen (...)
- nur bei größeren Umstellungen (...)

12. Wie werden die verabreichten Infusionslösungen und Medikamente dokumentiert?
- die Fieberkurve ist das einzige Dokument; in ihr werden alle Medikamente und Infusionen nach Verabreichung eingetragen (...)
- sie befindet sich in unmittelbarer Nähe des Patintenbettes (...)
- die verabreichten Medikamente und Infusionen werden in chronologischer Reihenfolge in eigenen Listen notiert (...)
- die Therapie wird auf dem Verordnungsplan quittiert (...)

13. Eine umfassende Bilanz mit Berechnung der Ein- und Ausfuhr sowie der Mengenangaben für die verschiedenen Substanzen, ist in der Regel alle:
6 (...) alle 8 (...) alle 12 (...) alle 24 (...) Stunden erforderlich.

14. In etwa (...) % der Fälle müssen auch in kürzeren Zeitabschnitten Teilbilanzen erstellt werden.
Diese Sonderbetrachtung bezieht sich häufig auf:
freies Wasser (...); Elektrolyte (...); Kalorien (...)
Stickstoff (...); Eiweiß (...); bzw. .....

15. Die Bilanz wird erstellt:
- vom Arzt (...), vom Plegepersonal (...), von dem, der gerade mehr Zeit hat (...).

16. Wieviele Visiten werden auf Ihrer Station pro Woche abgehalten ? (...)
- werden dabei regelmäßig alle Therapieunterlagen eingesehen (...)
- oder werden nur die akuten Punkte angesprochen (...)

17. Wieviel Zeit muß täglich für eine lückenlose und übersichtliche Dokumentation der Infusionstherapie aufgewandt werden (Angabe bitte in Minuten, die für jeden Patienten aufgebracht werden müssen)(.... min)

- stellt diese Art der Schreibarbeit eine deutliche Belastung für die Mannschaft dar (...)
- ist sie verglichen mit anderen Tätigkeiten zu vernachlässigen (...)

Fragen zu den Infusionslösungen

18. Werden bei Ihnen bevorzugt fertige Mischinfusionen verwendet, die nicht mehr auf der Station durch Zusätze (z.B. Zusatz von Kalium oder von Spurenelementen) verändert werden müssen?

- ausschließlich (...) ; überwiegend (...)
- das bedeutet eine deutliche Arbeitsersparnis (...)
- andere Argumente .....
- selten (...) ; gar nicht (...)
- die handelsüblichen Mischinfusionen sind zu teuer (...)
- zwingen zu einer starren Therapieform (...)
- andere Argumente .....

19. Die Mischungen werden in der Klinik hergestellt (...)
- auf der Station vor dem Anhängen der Infusion (...)
- von der Klinikapotheke (...)

20. Wieviele verschiedene Infusionslösungen benutzen Sie zur Behandlung Ihrer Patienten?
weniger als 10 (...) , weniger als 20 (...) , mehr als 20 (...)

21. Wie groß ist die jeweilige Anzahl für die folgenden Gruppen:

	Anzahl
a. Volumentherapie	
- Expander:	(...)
- Blut, Blutfraktionen, Albumin, Eiweißfraktionen	(...)
b. Freies Wasser und Elektrolyte	
- Vollelektrolyte ohne Zusätze:	(...)
- Spurenelemente:	(...)
c. Kohlenhydrate	
- reine Glukose in verschiedenen Konzentrationen:	(...)
- Lösungen mit anderen Kohlenhydraten:	(...)
d. Weitere Stoffwechselelemente	
- Aminosäur?en in verschiedenen Zusammensetzungen:	(...)
- Fettemulsionen:	(...)
e. Therapeutika für	
- Osmotherapie:	(...)
- Säure-Basenhaushalt:	(...)
f. Weitere wichtige Lösungen:	(...)
.....	(...)

22. Angebrochene Infusionslösungen dürfen bis zu 6 Stunden (...) 12 Stunden(...), 18 Stunden (...), unbegrenzt (...), verwendet werden.

- die zulässige Höchstdauer ist von der Haltbarkeit der einzelnen Infusionslösungen abhängig, es können keine einheitlichen Zeitangaben gemacht werden (...)
- die angegebene Zeit wird von hygienischen Gesichtspunkten bestimmt und ist für alle Infusionslösungen gleichermaßen verbindlich (...)

Fragen zu den Medikamenten:

23. Im Folgenden geht es um die wichtigen Medikamente auf der Intensivstation. In der ersten Spalte "Bedeutung" geben Sie bitte die Häufigkeit an, mit der die Medikamente verabreicht werden (selten oder gar nicht=0; häufig=1; sehr oft=2).
In der zweiten Spalte bei "Applikation", tragen Sie bitte ein, auf welche Weise die Substanz normalerweise verabreicht wird (von Hand in die laufende Infusion=H ; nach Mischung mit einer Infusion über die Infusionspumpe=I ; mit einer separaten Spritzenpumpe=P ; andere, weniger häufige Modalitäten=a)
In regelmäßigen Abständen sind Freizeilen eingefügt, um Platz für andere wichtige Substanzen zu geben.

	Bedeutung	Applik.			Bedeutung	Applik.
Digoxin	(...)	(...)	;	Digitoxin	(...)	(...)
Methyldigoxin	(...)	(...)	;	Strophanthin	(...)	(...)
.....	(...)	(...)	;	.....	(...)	(...)
Xylocain	(...)	(...)	;	Ajmalin	(...)	(...)
Verapamil	(...)	(...)	;	Chinidin	(...)	(...)
.....	(...)	(...)	;	.....	(...)	(...)
Adrenalin	(...)	(...)	;	Noradrenalin	(...)	(...)
Dopamin	(...)	(...)	;	Dobutamin	(...)	(...)
.....	(...)	(...)	;	.....	(...)	(...)
Orciprenalin	(...)	(...)	;	Salbutamol	(...)	(...)
Theophylin	(...)	(...)	;	.....	(...)	(...)
.....	(...)	(...)	;	.....	(...)	(...)
Propranolol	(...)	(...)	;	Pindolol	(...)	(...)
.....	(...)	(...)	;	.....	(...)	(...)
Na-Nitroprussid	(...)	(...)	;	Nitroglycerin	(...)	(...)
Clonidin	(...)	(...)	;	Reserpin	(...)	(...)
.....	(...)	(...)	;	.....	(...)	(...)
Furosemid	(...)	(...)	;	Etacrynsäure	(...)	(...)
Spironolacton	(...)	(...)	;	Acetazolamid	(...)	(...)
.....	(...)	(...)	;	.....	(...)	(...)
Succenylcholin.	(...)	(...)	;	Pancuronium	(...)	(...)
Thiopental	(...)	(...)	;	Etomidat	(...)	(...)
.....	(...)	(...)	;	.....	(...)	(...)
Diazepam	(...)	(...)	;	Flunitrazepam	(...)	(...)
Chlorpromazin	(...)	(...)	;	Droperidol	(...)	(...)
.....	(...)	(...)	;	.....	(...)	(...)
Acetylsalicylsäu.	(...)	(...)	;	Novaminsulfon	(...)	(...)
.....	(...)	(...)	;	Papaverin	(...)	(...)
Morphium	(...)	(...)	;	Fentanyl	(...)	(...)
Piritramid	(...)	(...)	;	Pentazocin	(...)	(...)
Naloxon	(...)	(...)	;	.....	(...)	(...)
Insulin	(...)	(...)	;	Dexamethasol	(...)	(...)
Heparin	(...)	(...)	;	Phenprocumarol	(...)	(...)
.....	(...)	(...)	;	.....	(...)	(...)
Antacida	(...)	(...)	;	Cimetidin	(...)	(...)
.....	(...)	(...)	;	.....	(...)	(...)
Vitaminpräp.	(...)	(...)	;	Spurenelemente	(...)	(...)
.....	(...)	(...)	;	.....	(...)	(...)
Penicillin-G	(...)	(...)	;	Cephalosporin	(...)	(...)
Aminoglucosid	(...)	(...)	;	Tetracyclin	(...)	(...)
Chloramphenicol	(...)	(...)	;	Polypeptide	(...)	(...)

24. Wieviele verschiedene Medikamente werden pro Intensivpatient im Schnitt zusätzlich zu den Infusionen verabreicht?

weniger als 5 (...) , weniger als 10 (...) , weniger als 20 (...)
mehr als 20 (...)

25. Oft wird eine Mischung von Infusionen mit Zusätzen und Medikamenten vor dem Anhängen der Infusion vorgenommen.

- wird diese Praxis auch bei Ihnen ausgeübt ? ja (...), nein (...)

welche Argumente sind für Sie von Bedeutung ?
- Vereinfachung der Infusionstherapie (...)
- die Zahl der Infusionspumpen kann reduziert werden (...)
- andere Argumente .....
- die Gefahr der Verunreinigung ist duch das Zuspritzen zu groß(...)
- bei einer Änderung der Verordnungen müssen Infusionen verworfen werden (...)
- andere Argumente .....

26. Aufgezogene, per Infusionspumpe verabreichte Medikamente (z.B. Perfusor-Spritze), müssen innerhalb einer bestimmten Zeit verabreicht oder verworfen werden.

- innerhalb 6 Stunden (...), 12 Stunden (...), 18 Stunden (...)
- 24 Stunden (...), ohne zeitliche Beschränkung (...)

27. Mit der Entwicklung des "künstlichen Pankreas" (Blutzuckerregulation bei Diabetikern mittels fortlaufender Glukosebestimmung und automatischer Insulinzufuhr) wurde ein geschlossener Regelkreis erfolgreich für medizinische Zwecke eingesetzt. Vergleichbare Untersuchungen wurden inzwischen auch für andere Medikamente angestellt.

Halten Sie diese Entwicklung für positiv: ja (...), nein (...)
Aus welchen Gründen:
- die automatische Kontrolle entlastet das Personal (...)
- pharmakologischen Gesichtspunkten kann besser Rechnung getragen werden (...)
- andere Argumente .....

Sehen Sie in dieser Technologie eine bedrohliche Entwicklung (...)
- bei technischem Versagen können unvorhersehbare Zwischenfälle auftreten (...)
- die individuelle Reaktionslage des Patienten läßt eine pro grammatische Einstellung nicht zu (...)
- andere .....

28. Für die im Folgenden aufgeführten Medikamente bzw. Indikationen wurde das Prinzip des geschlossenen Regelkreises bereits medizinisch eingesetzt. Welche Applikation halten Sie für diskussionswürdig.

- Insulinapplikation bei fortlaufender Glukosebestimmung (...)
- Natrium-Nitroprussit gesteuert nach blutiger Druckmessung (...)
- Xylocain gesteuert nach Zahl der ES aus dem EKG (...)
- Morphinomimetika vom Patienten selbst abgerufen (ODAC) (...)
- Oxytocin gesteuert vom Kardiotokographen (...)
- Volumensubstitution nach verschiedenen Vitalparametern (...)

29. Für einige andere Medikamente könnte man sich eine automatische Applikation innerhalb gewisser Grenzen vorstellen. Für welche Indikationen würden Sie sich interessieren?

- Dopamin bei simultaner Messung des arteriellen Blutdrucks (...)
- Furosemid und Bestimmung der Urinproduktion (...)
- Sedativa bzw. Hypnotika und EEG-Monitoring (...)
- Muskelrelaxantien und EMG (z.B. train of four) (...)
- andere .....

Fragen zur Infusionstechnik

30. Wie oft muß bei Ihren Intensivpatienten ein zentralvenöser Zugang gelegt werden?

- in (...) von 10 Fällen; in wieviel von 10 Fällen müssen sogar zwei zentrale Katheter gelegt werden (...)?

31. Welche Gründe spielen beim Legen des zentralen Katheters eine entscheidende Rolle? Bitte tragen Sie gemäß der Bedeutung eine Nummer ein (überhaupt keine Bedeutung = 0; unwichtig = 1; wichtig = 2; sehr wichtig = 3).

- um eine parenterale Ernährung durchführen zu können (...)
- wegen der sicheren Verabreichung potenter Pharmaka (...)
- der ZVD muß regelmäßig gemessen werden (...)
- intrakardiale/intrapulmonale Drücke müssen registriert werden (...)
- venenreizende Lösungen zwingen zu dieser Maßnahme (...)
- weitere Argumente .....

32. Bei gleichzeitiger Applikation verschiedener Pharmaka und Infusionen wird die Zufuhr oft über mehrere venöse Zugänge vorgenommen:

wieviel Leitungen benutzen Sie durchschnittlich? (...)
welche Argumente sind für Sie ausschlaggebend ?
- verschiedene Lösungen dürfen sich nicht mischen (...)
- um die nötige Förderrate zu gewährleisten (...)
- aus Sicherheitsgründen werden mehrere Zugänge benötigt (...)
- um unnötige Manipulationen am zentralen Zugang zu vermeiden (z.B. Blutabnahmen für Laboruntersuchungen) (...)
- weitere Argumente: .....

Oder sollte möglichst nur ein Zugang gelegt werden? (...)
- das Wohlbefinden des Patienten wird durch die vielen Schläuche beeinträchtigt (...)
- die Infektionsgefahr nimmt mit der Zahl der Zugänge zu (...)
- weitere Argumente: .....

33. Oft wird die Mischung verschiedener Infusionen und Medikamente erst durch Zusammenführen der einzelnen Flüssigkeiten in einen Infusionsschlauch bewirkt. Wird auch bei Ihnen auf diese Weise verfahren?

- meistens (...) , selten (...)
- dadurch brauchen bei Umstellung eines Medikamentes nicht die anderen Teile einer Mischlösung weggeworfen zu werden (...)
- die Situation am Krankenbett ist übersichtlicher (...)
- andere Argumente .....
- daß bedeutet einen zu hohen Verbrauch an Einmalartikeln (...)
- andere Argumente .....

34. Wieviel Infusionen laufen bei Ihren Intensivpatienten normalerweise gleichzeitig ? (....)

35. Setzen Sie bei Infusionen Mikrofilter ein?
- gar nicht (...) , meistens (...) , immer (...)
- nur bei Infusionen mit Infusionspumpe : (...)
- Membranfilter (...) oder Adhäsionsfilter (...)
- bevorzugte Porengröße in My (...)

Fragen zu den Infusionsgeräten

36. Infusionspumpen zur intravenösen Applikation von Medikamenten und Lösungen im Rahmen komplexer Infusionsregime, sind unveräußerlicher Bestandteil moderner Intensivtherapie.

auf jeden Fall (...) ; nicht unbedingt (...)

37. Wieviel Infusionsgeräte kommen bei einem Intensivpatienten gleichzeitig zum Einsatz (Geräte wie Infusionspumpen, Perfusoren, Tropfenzähler usw.)

	nie	selten	meistens
0	(...)	(...)	(...)
1 bis 2	(...)	(...)	(...)
3 bis 4	(...)	(...)	(...)
5 bis 6	(...)	(...)	(...)

38. Welches Pumpenprinzip wird von Ihnen bevorzugt eingesetzt?

Kolbenpumpe (...); peristaltische Pumpe (...); beide Verfahren (...)
werden auch Pumpen mit anderen Fördermechanismen eingesetzt? (...)
Welche: .....

39. Wie beurteilen Sie die Leistungsfähigkeit derzeit vorhandener Infusionspumpen:

- voll ausreichend (...); eine Weiterentwicklung bedeutet eine Überbewertung technischer Aspekte und führt eher zu einer Verschlechterung der medizinischen Versorgung (...)
- die vorhandenen Pumpen genügen zwar insgesamt den derzeitigen Anforderungen, eine Weiterentwicklung und Verbesserung ist jedoch notwendig in Bezug auf folgende Mängel?

z.B. .....

40. Für den Patienten ergibt sich aus einer zunehmenden Immobilität durch "Verkabelung" neben der Grunderkrankung eine spürbare Belastung.
Ein leistungsstarkes Infusionsgerät das in größerem Abstand vom Patienten mit nur einer Zuleitung arbeiten kann, wäre:

wünschenswert: (...) ; überflüssig: (...); nicht durchführbar: (...)

41. Welche Parameter würden Sie zum Einstellen der Infusionspumpe vorschlagen?

- ml/Minute (...); ml/Stunde (...);
- ml/frei wählbares Zeitintervall (...);
- mg/Minute (...); mg/Stunde (...);
- mg/frei wählbares Zeitintervall (...);
- Förderrate bezogen auf das Gesamtgewicht des Patienten (...)
- oder erscheint Ihnen die Einstellung von 4 bis 6 vorgegebenen Förderraten (Stufenschalter) überschaubarer und sicherer (...)

42. Um über den Funktionszustand der Pumpe Auskunft zu erhalten (z.B. Förderraten und Alarm) ist eine Anzeige nötig. Verschiedene Konzepte wurden bisher realisiert. Welcher Form würden Sie den Vorzug geben:

- ausschließliche Beschriftung am Wahlschalter (...)
- kodierte Leuchtziffernanzeige (nur Zahlen) (...)
- alpha-numerisches Display (Anzeige mit Text und Zahlen) (...)
- Kleinbildschirm mit Klartext (...)

43. Um über den Betrieb der letzten Stunden Auskunft zu geben, könnte die Infusionspumpe mit einem kleinen Drucker verbunden sein. Auf diese Weise wäre die Protokollierung der intravenösen Therapie und die Anzeige von Störungen möglich. Halten Sie einen solchen Zusatz für sinnvoll? (...)

44. Können Sie auf Ihrer Intensivstation auf Rechnerunterstützung zurückgreifen (...), bzw. wird die Anschlußmöglichkeit von Infusionspumpen an eine zentrale Überwachungs- und Steuereinheit erörtert ? (...)

45. Wurden beim Einsatz von Infusionspumpen Parainfusionen beobachtet?

- bisher noch nicht (...) , selten (...) , wiederholt (...)
- bisherige Parainfusionen hatten keine schweren Folgen (...)
- waren leider mit ernsten Komplikationen verbunden (...)
- welche .....

Fragen, die den Einsatz von Infusionspumpen im Op. betreffen

46. Es gibt Anästhesieabteilungen, in denen für jede Art von Narkose ein venöser Katheter gelegt werden muß, auch bei sogenannten Kurznarkosen für kleine Eingriffe.

- gilt diese Regel auch bei Ihnen? ja (...), nicht unbedingt (...)
  Welche Argumente sind für Sie gültig?
- die Zwischenfälle nach Gabe eines potenten Anästhetikums erfordern schnelle Gegenmaßnahmen und deswegen einen sicheren Zugang (...)
- ein venöser Zugang bedeutet zu viel Aufwand, davon kann bei kleinen Eingriffen abgesehen werden (...)
- andere Argumente .....

47. Mit der Einführung potenter i.v.-Anästhetika nimmt in den letzten Jahren die Zahl der intravenösen Narkosen gegenüber den konventionellen Inhalationsanästhesien zu.
Halten Sie diese Entwicklung für begrüßenswert? ja (...); nein (...)

welche Argumente treffen Ihrer Meinung nach zu?
- auf diese Weise kann eine sehr differenzierte Narkose durchgeführt werden (...)
- die schädlichen Wirkungen der volatilen Narkotika können dem Patienten erspart werden (...)
- die Belastung des Op-Personals mit volatilen Narkotika kann auf diese Weise reduziert werden (...)
- andere Gründe .....

48. Glauben Sie, daß der Großteil der Narkosen weiterhin als Inhalationsnarkosen durchgeführt wird ? ja (...) ; nein (...)

dafür sprechen folgende Argumente:
- besser steuerbar (...) ; - einfacher zu handhaben (...)
- schnellere Wechsel möglich (...); - kein Hangover (...)
- andere Gründe .....

49. Wenn an einem Anästhesieplatz viel mit verschiedenen i.v.-Anästhetika gearbeitet wird, wäre dann eine maschinelle Applikation von Medikamenten sinnvoll?

- ja, denn eine Infusionspumpe kann pharmakokinetischen Aspekten durch unterschiedliche Infusionsraten gerecht werden (...)
- nein, man sollte die Narkosemedikation grundsätzlich von Hand spritzen (...)

50. Bei größeren Eingriffen bei denen neben den Medikamenten verschiedene Infusionsflüssigkeiten zum Einsatz kommen (Volumentherapie, Bilanzierung von Elektrolyten und Säure-Basen-Haushalt) könnte man das Narkosegerät durch eine leistungsstarke Infusionseinheit erweitern:
- würden Sie eine solche Einrichtung begrüßen(...) oder ablehnen(...)
- sollte diese Einheit mit einem Drucker versehen sein, der eine übersichtliche Dokumentation für die gesamte Narkose liefert (...)
- eine solche Einrichtung bedeutet keine Arbeitserleichterung, sie lenkt nur von den eigentlichen ärztlichen Aufgaben ab (...)

Fragen zum Arbeitsbereich

51. Bezug des Ausfüllenden zur Problematik: Die Stellungnahme gründet sich:
- auf einer theoretischen Auseinandersetzung mit dem Thema (...)
- auf der wissenschaftlichen Bearbeitung von Detailproblemen (...)
- auf der Auseinandersetzung mit der täglichen Routine (...)

52. Der Ausfüllende verfügt über Erfahrungen aus mehrjähriger Tätigkeit: - auf einer Intensivstation (...); im Aufwachraum (...); im Op (...)
- als leitender Oberarzt (...); als Stationsarzt (...);
- als Assistenzarzt (...)

53. Die Aussagen beziehen sich auf die Arbeit auf einer:
- interdisziplinären Intensivstation: (...)
- internistischen Intensivstation: (...)
- allgemeinchirurgischen Intensivstation: (...)
- anästhesiologischen Intensivstation: (...)
- auf die Arbeit in einem Aufwachraum: (...)
- bzw. andere Station mit medizinisch aufwendiger Therapie: Betreuung z.B. von Toxikologie (...) , Dialyse (...)
andere Stationen .....

54. Die Bettenzahl der Intensivstation(en) beträgt (...) Betten. Die medizinischen Schwerpunkte liegen in der Reihenfolge der Häufigkeit bei:.....

55. Im Operationssaal sind (...) Tische zu versorgen; die häufigsten Operationen sind:.....

56. Die durchschnittliche Anzahl Patienten pro Jahr beträgt : Intensiv (....) ; Op (.....).

Anlage 1 zum Fragebogen
Beispiel für Standardinfusionsplan
(In Anlehnung an Lit.1.)

Bitte gewünschte Korrekturen eintragen.

1. Kleine Eingriffe:
   Dauer: 24-48 Stunden
   Tagesdosis pro kg KG:
   - Flüssigkeit: 40 ml
   - Elektrolyte (in mval):
     Na+ 4; K+ 0,72; Mg++ 0,24; Ca++ 0,16; Cl- 3,6.
   - Kohlenhydrate: Sorbit 2g

2. Mittlere Eingriffe:
   Dauer: 2-3 Tage
   Tagesdosis pro kg KG:
   - Flüssigkeit: 40 ml
   - Elektrolyte (in mval): Na+ 3,6; K+ 1,0; Ca++ 0,16;
     Mg++ 0,24; Cl- 2,64; H2PO4- 0,2; Acetat 1,2.
   - Aminosäuren: 0,8g
   - Kohlenhydrate: 4g (Sorbit/Xylit)

3. Große Eingriffe:
   Dauer: mehr als 3 Tage
   Tagesdosis (Durchschnittswerte,Korrektur nach
   Bilanzierung erforderlich):
   - Flüssigkeit: 40 ml/kg KG
   - Kalium: 6o-90 mval
   - Natrium:200-220 mval
   - Sonstige Elektrolyte nach Bilanzierung.
   Kalorien: 30-40 kcal/kg KG
   - Aminosäuren: 100g - 150g (1,3g - 2g/kg KG)
   - Kohlenhydrate: 500g (0,3 g/kg KG und Stunde)
     Fruktose, Glukose, Xylit 1:1:1 oder 2:1:1
   Ermittlung des Gesamtkalorienbedarfs:
   Grundumsatz + 50% .Davon 20% als Aminosäuren, 80% als
   Kohlenhydrate (Fruktose, Glukose, Xylit).

9.2. Meßergebnisse zu Abschnitt 5
(Versuchsbeschreibung siehe Abschnitt 5.2.)

9.2.1. Meßreihe 1

Lösung: NaCl-Lösung
Pumpe: Hamilton Micro Lab
Meßzeit: 10 Pumpenhübe
Bestimmung der Maximalleistung
Schlauch 4,5m Typ Heidelberger Verlängerung

9.2.1.1. Glasspritze 1 ml

Geschwindigkeitsstufe	15	10	5	3	2	1
Gesamtzeit (sec)	332	234	138	88,5	80	61,5
Leistung ml/min	1,81	2,56	4,35	6,78	7,5	9,83
ml/h	108,4	153,8	260,9	407	450	590
Störung:	-	-	-	-	-	-

9.2.1.2. Glasspritze 2,5 ml

Geschwindigkeitsstufe	15	10	5	3	2	1
Gesamtzeit (sec)	328	234	138	100	80	-
Leistung ml/min	4,57	6,41	10,87	15	18,75	-
ml/h	274,4	384,6	652,2	900	1125	-
Störung (Blasen):					ja	ja

9.2.1.3. Glasspritze 5 ml

Geschwindigkeitsstufe	15	10	5	3	2	1
Gesamtzeit (sec)	330	234	138	101	-	-
Leistung ml/min	9,1	12,8	21,7	29,7	-	-
ml/h	545,4	769,2	1304,2	1782	-	-
Störung (Blasen):	-	-	-	ja	ja	-

9.2.1.4. Glasspritze 10 ml

Geschwindigkeitsstufe	15	10	5	3	2
Gesamtzeit (sec)	326	230	133	98	-
ml/min	18,4	26,1	45,1	61,2	-
ml/h	1104	1565	2706,7	3673,5	-
Störung (Blasen):	-	-	-	ja	ja

9.2.1.5. Einmalspritze Kunststoff 10 ml

Kolbenweg stimmt nicht mit Glasspritze überein.
Kalibrierung ergab: 10 Hübe = 125 ml

Geschwindigkeitsstufe	15	10	5	3	2
Gesamtzeit (sec)	326	230	133	97	-
ml/min	22,08	32,6	56,4	77,3	-
ml/h	1325	1956	3383	4639	-
Störung (Blasen):	-	-	-	ja	ja

9.2.2. Meßreihe 2

Lösung: NaCl
Pumpe: Hamilton Micro-Lab
Meßzeit: 10 Hübe
Bestimmung von Maxima und Minima
Schlauch: 4,5 m, Hartplastik dünn, Typ Lectro Cat

9.2.2.1. Glasspritze 1 ml

a. Maxima

Geschwindigkeitsstufe	5	3	2	1
ml/min	4,38	6,86	7,6	9,9
ml/h	262,8	411,4	455,7	595
Störung:	-	-	-	-
Gesamtzeit (sec)	137	87,5	79	60,5

b. Minima; Meßzeit: 100 Hübe, Fördervolumen 10%

Geschwindigkeitsstufe	15	10
Gesamtzeit (sec)	495	385
ml/min	1,24	1,59
ml/h	74,2	95,4
Istvolumen	10,05	10,0
Abweichung	+0,5%	+ 0

c. Minima, Fördervolumen 5%

Geschwindigkeitsstufe	15	10
Gesamtzeit (sec)	283	-
ml/h	63,6	-
Istvolumen	4,9	-
Abweichung	- 2%	-

9.2.2.2. Glasspritze 2,5 ml

a. Maxima (10 Hübe)

Geschwindigkeitsstufe	5	3	2	1
Zeit (sec)	136	98	72	60
ml/min	11,03	15,3	20,8	25
ml/h	661,7	918,3	1250	1500
Störungen	-	-	-	-

b. Minima; 10% Spritzenvolumen, 100 Hübe

Geschwindigkeits-stufe:	Zeit sec	ml/min	ml/h	Volumen	Abweich.
15	491	3,08	185,1	25,25	+1%

c. Minima; 5% Spritzenvolumen, 100 Hübe

Geschwindigkeits-stufe	Zeit sec	ml/min	ml/h	Volumen	Abweich.
15	342	2,2	132,1	12,55	+0,5%

9.2.2.3. Glasspritze 5 ml

a. Maxima (10 Hübe)

Geschwindigkeitsstufe:	5	3	2	1
Zeit (sec)	141	101	82,5	-
ml/min	21,3	29,7	36,3	-
ml/h	1276,6	1782,2	2181,8	-
Störung	-	-	-	Kolbenverschiebung durch zu hohen Druck

b. Minima;(10% Spritzenvolumen, 100 Hübe)

Geschw.	Zeit(sec)	ml/min	ml/h	Volumen	Abweichung
Stufe 15	144	10,4	625	25 ml	+ 0

c. Minima;(5% Spritzenvolumen, 100 Hübe)

Geschwindigkeit	Zeit(sec)	ml/min	ml/h	Volumen	Abweichung
Stufe 15	345	4,3	259,8	24,9 ml	- 0,5%

9.2.2.4. Plastikspritze 1,0 ml

a. Minima

Kalibrieren (da Kolbenweg nicht mit Markierung identisch):
50 Hübe = 46,3 ml
1 Vollhub = 0,926 ml

10% Spritzenvolumen, 100 Hübe

Geschwindigkeit	Zeit(sec)	ml/min	ml/h	Volumen	Abweichung
Stufe 15	459	-	-	9,15 ml	-1,2%

Minima, 5% Spritzenvolumen, 100 Hübe

Geschwindigkeit	Zeit(sec)	ml/min	ml/h	Volumen	Abweichung
Stufe 15	-	-	-	4,6 ml	- 0,5%

9.2.3. Meßreihe 3

Lösung: Humanalbumin
Schlauch: 4,5 m; Hartplastik dünn Typ Lectro Cat

9.2.3.1. Plastikspritze 1 ml
Kalibrieren: 100 Hübe = 92,6 ml

a. Minima

10% Spritzenvolumen, 100 Hübe

Fördervolumen: 9,25
Abweichung: - 0,5%

5% Spritzenvolumen, 100 Hübe

Fördervolumen: 4,59
Abweichung: - 0,5%

b. Maxima

Geschwindigkeitsstufe	10 Hübe 5	10 Hübe 3	5 Hübe 2	5 Hübe 1
Zeit (sec)	122	93	35	27,5
ml/min	4,5	5,97	7,94	10,1
ml/h	273,2	358,4	476,2	606,1

9.2.3.2. Glasspritze 5 ml

a. Maxima (5 Hübe)

Geschwindigkeitsstufe	5	3	2
Zeit (sec)	70	50	-
ml/min	21,4	-	-
ml/h	1285,7	-	-
Störung	-	Blasen	Blasen Druckalarm

b. Minima

100 Hübe mit 5% Volumen

Fördervolumen:	24,6 ml
Abweichung:	-1,6%

50 Hübe mit 10% Volumen

Fördervolumen:	24,6 ml
Abweichung:	-1,6%

9.2.3.3. Glasspritze 2,5 ml

a. Maxima (5 Hübe)

Geschwindigkeitsstufe	5	3	2	1
Zeit (sec)	69	49	40	30
ml/min	10,8	15,3	18,7	25
ml/h	652	918	1125	1500
Störung	-	-	-	-

b. Minima

100 Hübe mit 10% Volumen

Fördervolumen: 25,1 ml
Abweichung: + 0,5%

100 Hübe mit 5% Volumen

Fördervolumen: 12,6 ml
Abweichung: + 1%

9.2.3.4. Glasspritze 1 ml

a. Maxima (5 Hübe)

Geschwindigkeitsstufe	5	3	2	1
Zeit (sec)	68	48,5	43,5	30
ml/min	4,4	6,18	6,9	10
ml/h	264,7	371,1	413,8	600
Störungen	-	-	-	-

b. Minima

10% Spritzenvolumen , 100 Hübe

Fördervolumen: 10,02 ml
Abweichung: + 0,5%

5% Spritzenvolumen, 100 Hübe

Fördervolumen: 5,05 ml
Abweichung: + 1%

9.2.4. Meßreihe 4
Lösung: Lipofundin S 10%
Schlauch: Hartplastik, dünn; 4,5 ml Länge

9.2.4.1. Glasspritze 5 ml

a. Maxima (5 Hübe)

Geschwindigkeitsstufe	5	3	2
Zeit (sec)	68	49,5	-
ml/min	22,0	30,3	-
ml/h	1325,5	1818	-
Störungen			Druckalarm

b. Minima

10% Spritzenvolumen, 50 Hübe
Fördervolumen: 25,15 ml
Abweichung: + 0,6%

5% Spritzenvolumen, 100 Hübe
Fördervolumen: 25,1 ml
Abweichung: + 0,4%

9.2.4.2. Glasspritze 2,5 ml
a. Maxima (5 Hübe)

Geschwindigkeitsstufe	5	3	2	1
Zeit (sec)	70	46,5	40	30,5
ml/min	10,7	16,13	18,75	24,6
ml/h	642,8	967,7	1125	1475,4
Störungen	-	-	-	-

b. Minima

10% Spritzenvolumen, 100 Hübe

Fördermenge: 25,2 ml
Abweichung: + 1%

5% Spritzenvolumen, 100 Hübe

Fördermenge: 12,7 ml
Abweichung: + 1,5%

9.2.4.3. Glasspritze 1 ml

a. Maxima (5 Hübe)

Geschwindigkeitsstufe	5	3	2	1
Zeit (sec)	70	49	40	30
ml/min	4,28	6,12	7,5	10
ml/h	257	367	450	600
Störungen	-	-	-	-

b. Minima

10% Spritzenvolumen, 100 Hübe

Fördermenge: 10,1 ml
Abweichung: + 1%

5% Spritzenvolumen, 100 Hübe

Fördermenge: 5,1 ml
Abweichung: + 2%

9.2.4.4. Plastikspritze 1 ml

a. Maxima (5 Hübe)

Geschwindigkeitsstufe	5	3	2	1
Zeit (sec)	63	44,5	36	28
ml/min	4,38	6,2	7,7	9,8
ml/h	262,8	372,1	460	591
Störungen	-	-	-	-

b. Minima

10% Spritzenvolumen, 100 Hübe

Fördermenge: 9,35
Soll: 9,26
Abweichung: + 1%

5% Spritzenvolumen, 100 Hübe

Fördermenge: 4,7 ml
Soll: 4,6 ml
Abweichung: + 2,2%

10. KURZZUSAMMENFASSUNG

Zur Untersuchung der Rahmenbedingungen für den Einsatz von Infusionsgeräten bei Steuerung durch einen Mikroprozessor wurden eine Literaturrecherche sowie eine klinische Umfrage durchgeführt.
Die dabei gewonnenen Erkenntnisse wurden dargestellt und teilweise bei der Erstellung eines Laborprototypen für die prozessorgesteuerte Infusion berücksichtigt.

Einige technisch-physikalische Randbedingungen für den klinischen Einsatz eines derartigen Systems wurden untersucht.

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen zeigen, daß bei konsequenter Nutzung neuer Technologien weitere Fortschritte auf dem Gebiet der Infusionstherapie möglich sind, die zu verbesserten Arbeitsbedingungen bei erhöhter Patientenfreundlichkeit und mehr Sicherheit beitragen können.

11. LITERATURVERZEICHNIS

1. Ahnefeld FW, Dölp R (1975) Dosierungs- und Anwendungsrichtlinien für die intravenöse Zufuhr von Nährstoffen in der intra- und postoperativen Phase. In: Ahnefeld FW, Burri C, Dick W, Halmagyi M (Hrsg) Klin Anaesth Intensivther 7:154 Springer Berlin Heidelberg New York 1975
2. Ahnefeld FW, Dick W (1977) Filtersystem zur Vermeidung materieller und bakterieller Verunreinigungen. In: Ahnefeld FW, Bergmann H, Burri C, Dick W, Halmagyi M, Rügheimer E (Hrsg) Klin Anaesth Intensivther 14:131 Springer Berlin Heidelberg New York 1977
3. Aranda JV, Cohen S, Neims Am (1976) Drug utilization in a newborn intensive care unit. J Pediatr 89:315
4. Arzbaecher R, Poyezdala J, Collins S (1982) A technique for computer control of drug infusion in automatic ambulatory arrhythmia management.IEEE Trans Biomed Eng Vol BME-29 No 8:631
5. Auer LM, Rodler H (1981) Microprocessor-control of drug infusion for automatic blood-pressure control. Med Biol Eng Comput 19:171
6. Bäuerle A, Elsäßer E, Feucht P, Spitzmann K (1977) Kontinuierliche Messung der Unrinausscheidung nach der Differenzdruckmethode. Biomed Tech 22:23
7. Buchanan N, Cane RD (1978) Drug utilization in a general intensive care unit. Intens Care Med 4:75
8. Calfee RV, Hammond JJ, Kirkendall WM (1977) Effective control of blood pressure by computerized infusion of sodium nitroprusside. Clin Res 25:1
9. Campos RA, Valle Herraez FX, Marcos RJ, Amer JG, Porcar RC, Lucia PI (1980) Drug use in an intensive care unit and its relation to survival. Intens Care Med 6:163
10. Carlton PD, Shabot HM (1981) Drug infusion calculator: a computer aid for the administration of cont. i.v. drugs. Crit Care Med 3:268
11. Clemens AH (1979) Feedback control dynamics for glucose controlled insulin infusion systems. Med Prog Technol 6:91
12. Cook R, Reilley TE, McDonald JS, Sodal J (1981) An inexpensive bedside intensive care unit computer tool. Crit Care Med 3:268
13. Danford DE (1981) Computer applictions to medical nutrition problems. J Parent Ent Nutr Vol 5, 5:441

14. Evans JM, Rosen M, McCarthy J, Hogg HJ (1976) Apparatus for patient-controlled administration of intravenous narcotics during labour. Lancet Jan 3:17
15. Feldman MJ (1981) The use of a hand-held programmable calculator in performing neonatal parenteral nutrition solution calculations. Drug Intell Clin Pharm 15:54
16. Felis W (1982) Arzneimittel-Inkompatibilitäten. Dtsch Ärztebl 4:50
17. Forrest WH, Smethurst PWR, Kienitz ME (1970) Self-administration of intravenous analgetics. Anesthesiology 33:363
18. Giacoia GP (1980) Computerized total parenteral nutrition formulars for newborn infants. Am J Hosp Pharm 37:22
19. Gibbs JH, Johnson HD, Davis FM (1982) Patient administration of i.v. buprenorphine for postoperative pain relief using the "Cardiff" demand analgesia apparatus. Br J Anaesth 54:279
20. Goggin HJ (1979) The use of a small programmable calculator in intravenous feeding. Med Inf Vol 4, 2:115
21. Hammond JJ, Kirkendall WM, Calfee RV (1979) Hypertensive crisis managed by computer controlled infusion of sodium- nitroprusside: A model for the closed loop administration of short acting vasoactive agents. Comput Biomed Res 12:97
22. Jackson RV, Love JB, Parkin WG, Wahlquist ML, Williams NS (1977) Use of a microprocessor in the control of malignant hypertension with sodium nitroprusside. Aust NZ J Med 7: 414
23. James RM, Roberts JM, Harvey PW, Bellis JD, Cooper RI (1978) A computerized scheme for the preparation of parenteral nutrition regimes. Med Inf Vol 3, 2:77
24. Kay B (1981) Use of an on-demand analgesia computer (ODAC) and a comparison of the rate of use of fentanyl and alfentanil. Anesthesia 36:949
25. Keeri-Szanto M (1971) Apparatus for demand analgesia. Can Anaesth Soc J Vol 18 5:581
26. Keeri-Szanto M, Heaman S (1972) Postoperative demand analgesia. Surg Gynecol Obstet 134: 634
27. Keeri-Szanto M (1980) Demand analgesia. In: Aldrete JA, Stanley TH (Hrsg) Trends in intravenous anaesthesia, Symposia Specialists Miami pp.417-429

28. Klaus E (1977) Materielle Verunreinigungen in Infusionslösungen. In: Ahnefeld FW, Bergmann H, Curri C, Dick W, Halmagyi M, Rügheimer E Klin Anaesth Intensivther 14:54 Springer Berlin Heidelberg New York 1977
29. Lehman KA (1983) On demand analgesia, ein neuer Ansatz zur Optimierung der Schmerztherapie. Vortrag 1.Int. Sertürner-Symposium Göttingen, 15.-18. Juni 1983
30. May F, Robbius G (1978) A computer program for parenteral nutrition solution preparation. J Parent Ent Nutr Vol 2, 5: 646
31. Müller H, Stauch M (1977) Geregelte Infusionssysteme: Probleme und Lösungswege. Biomed Tech 22:21
32. Neu J, Crim N, Kien CL, Kelly K (1982) Calculator assisted monitoring of nutrition, fluids and electrolyths. Crit Care Med Vol 10, 7:461
33. Ng PK (1980) Determining aminoglycoside dosage and blood levels using a programmable calculator. Am J Hosp Pharm 37: 225
34. Peeters M, Brugmans J (1980) Postoperative pain relief by demand analgesia. Acta Anaesthesiol Belg 31:233
35. Pope RA, Mattson CJ, Janousek JP, Slack WV (1982) A computer-based i.v. admixture system. Methods Inf Med 21:65
36. Rich AJ (1981) A programmable calculator system for the estimation of nutritional intake fo hospital patients. Am J Clin Nutr 34:2276
37. Rich DS, Karnack CM, Jeffrey LP (1982) An evaluation of a microcomputer in reducing the preparation time of parenteral nutrition salutions. J Parent Ent Nutr Vol 6, 1:71
38. Rüttgers H, Muliawa D (1978) Wehen- und Herzfrequenzkontrollierte Infusionspumpensteuerung. Biomed Tech 23:53
39. Salzsieder E, Wilke W, Freyse EJ, Fischer U (1979) Ein Gerät zur programmierten Ansteuerung von Infusionspumpen und sein Einsatz im Tierexperiment. Z Med Lab Diagn 20:42
40. Scott JS (1970) Obstetric analgesia.
Am J Obstet Gynecol 106: 959
41. Sechzer PH (1971) Studies in pain with the analgesic-demand-system. Anesth Analg 50:1
42. Sheppard LC (1980) Computer control of the infusion of vasoactive drugs. Ann Biomed Eng 8:441
43. Sheppard LC, Skotts JF; Robertson NF, Wallace FD, Konchankos NT (1979) Computer controlled infusion of vasoactive drugs on postcardiac surgical patiens. IEEE Trans Biomed Eng Vol BME 26, 9:541
44. Sheppard LC (1980) Computer controll of blood and drug infusions in patients following cardiac surgery. J Biomed Eng 2:

45. Strackharn K (1977) Hochleistungspumpe für die kontrollierte Infusion und Drucktransfusion in der Herzanaesthesie. Med Tech 1:36
46. Weber G, Schmidt A, Kreisel T, Schirmer B, Geiger A (1979) Über ein rechnergesteuertes Überwachungs- und Therapiesystem zur Schockkompensation bei schweren Verbrennungen. MMW 24:821
47. Westenshow DR, Bowman RJ, Ohlson KB, Raemer DM (1980) Microprocessors in intensive care medicine. Med Instrum Vol 14, 6:311
48. White WD, Pearce DJ, Norman J (1979) Postoperative analgesia. A comparison of intravenous on-demand fentanyl with epideral bupivacaine. Br Med J 2:166

12. LEBENSLAUF DES VERFASSERS

12.Jan.1951	geboren in Algermissen Landkreis Hildesheim
1956 - 1960	Besuch der Volksschule in Celle
1960 - 1970	Besuch des Hölty-Gymnasiums in Celle
Mai 1970	Abitur im mathemathisch-naturwissenschaftlichen Zweig
1970 - 1979	Laufbahn als Offizier bei der Bundesmarine in verschiedenen Verwendungen, unter anderem:
1976 - 1979	Kommandant eines Schnellbootes
1979 - 1984	Studium der Zahnheilkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München
14.8.1984	Approbation

DANKSAGUNG

Mein Dank gilt Herrn Professor Dr. Alfred Doenicke und Herrn Hanno Suttmann, die mir die Mitarbeit an diesem interessanten Projekt ermöglicht haben.
Ferner danke ich Herrn Dipl.Ing. Heinz Ebentheuer, der für Technik und EDV zuständig war, sowie den Mitarbeitern der Firma B.Braun Melsungen für entliehene Geräte und sonstige Unterstützung.
Besonderen Dank schulde ich Frau Sahm für mühevolle Schreibarbeit und Frau Doenicke, die mir während der Korrektur mit Rat und Tat geduldig beistand.